

(肆) 小米脫粒機械效能提昇之改良研究

潘光月 (大地機械(股)公司總經理特別助理)

摘要

鑒於我國加入 WTO(世界貿易組織)，而造成了傳統農業受到嚴重衝擊。唯有改善農業生產技術與加強加工機械自動化研究，才能因應此衝擊效應。而目前小米脫粒因侷限於人力加工，非常耗力費時，因而導致產量逐年下降。所以小米脫粒機械之研製被視為極重要之課題。本研究係針對小米脫粒作業上之需求，就小米物理性質上作詳細探討，進而研究改良小米專用脫粒機械。本研究改良之小米脫粒機械主要機構計有脫穀筒、脫穀齒、鼓風機、承網以及篩線等主要機件，其作業流程為脫粒與篩選一貫作業完成，因而改變了傳統先脫粒再篩選分段式之人力加工方式。本機械經測試結果得知，其脫粒率高達 95%以上，而破損率皆為零，且作業效率約為人工處理之 6 倍，極具推廣價值。

關鍵詞：小米、脫粒機械、脫粒率。

ABSTRACT

Following our country's entry into World Trade Organization (WTO) it has made a strong impact on our traditional agriculture. To be competitive efficient we must improve our agricultural methods and utilize news, efficient automated machinery. At the present time millet threshing is almost all carried out manually requiring lot of energy and very time consuming. Therefore the total annual planting area is falling yearly. A study project into the development of a threshing machine for millet is important for the future production of this crop. The device developed and contracted consists of a threshing cylinder with threshing teeth, concave screen, a winnower, motor drive and straw/grain separation and sieve parts etc. The machine's operation covers threshing separation and cleaning -a complete operation. This machine completely automates the traditional methods of first manually threshing then manually separation. From the experimental results achieved the machine had a threshing rate of over 95% with No grain damage. The operating efficiency was 6 times faster than manual threshing. As training extension program is necessary to promote these improvements to the hard working Taiwan farmers.

Keyword: Millet, Threshing machine, Threshing rate

第一章 緒論

一、前言

小米為禾本科粟屬一年生植物，在中國北方通稱"穀子"而南方為了與稻穀區別，常稱為粟穀、狗尾粟或小米。中國是世界上種植小米最多的國家，在華北地區則是米麥以外之重要糧食之一，且小米具有較一般雜糧作物耐旱及抗病蟲害，耐貯藏等特性。台灣的小米栽培已有久遠的歷史，其來源可能由早期移民自大陸引進，為台灣光復前及光復初期原住民同胞主要食糧⁽¹³⁾。

根據行政院農業委員會台東區農業改良場調查，台灣小米的品種有 160 種之多，近年來經過育種單位選育，推廣的品種計有 8 種，分別為台東選 1、2、3、4、5、6 號、台東 7 號及台中選 1 號⁽⁸⁾。現在栽培推廣較多品種之小米為「台東 7 號」。而目前臺灣小米加工方式多仰賴人工處理，因此缺乏農產品競爭力。基於貿易自由化之考量，小米脫粒機械之改良成為刻不容緩之重要工作。

二、小米產地、產期、產量與產值調查

小米適宜種植在氣候溫暖、雨量適當的地方，海拔 1000 公尺以下之山地均可栽培。小米對土壤之適應性強，不論壤土、砂質壤土、坩質壤土、粘質壤土等，只要挑選良好種子均可栽培。小米大多是原住民栽種，由於原住民之居住環境多為山坡地，也因此小米之栽種地都為坡地，以梯田之方式種植如圖 1-1 所示；一般小米生長期視氣候與品種不同約為 75-100 天，小米穗變黃下垂而莖葉尚未枯萎時，即達成熟期，可開始收穫如圖 1-2 所示。



圖 1-1 小米種植形態



圖 1-2 成熟可收穫之小米

根據行政院農業委員會「農業年報」記載，小米之栽種面積，於民國 45 年間最為高峰，約 6075 公頃，但由於消費行為改變及加工相當費時耗勞力，再加上農村勞力外流且具逐漸老年化趨勢，尤其，小米脫粒加工仍然仰賴人工，相當費力而且效率低，使小米之產量逐年減少，種植面積銳減（如表 1-1）；圖 1-3 資料顯示民國 83 年種植面積最少約 245 公頃⁽²⁾。91 年僅栽種約 398 公頃，總產量約 796 公噸。以屏東及台東二縣栽培面積較多，其生產量約 2,000 kg/公頃。一般加工後之小米市售單價約每公斤 180-200 元，依 796 公噸之總產量為計，其產值約 1 億 4 千餘萬元。

表 1-1 小米種植面積調查表

年 份	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
種植面積(公頃)	412	245	266	361	419	326	353	296	409	398

註：1. 資料來源：行政院農業委員會「農業統計年報」。

2. 民國 45 年小米種植面積 6075 公頃最多。
3. 民國 83 年小米種植面積 245 公頃最少。

三、小米的經濟價值

小米含有豐富的營養物質，如蛋白質、多種氨基酸、粗脂肪等。小米可用於炊飯、煮粥、釀酒及原住民傳統食譜小米粽（起拿夫）、小米糕（阿外）等。近年來，由於生活水準之提高，對健康食品需求甚殷，小米為極佳之保健食品。由於小米可供點心、糕餅、休閒、健康食品等用途，頗具發展之潛力，若能適地適作，適當栽培，配合觀光休閒農場，可作為地區性特產品生產。

四、研究的動機與目的

本研究係針對小米作物與脫粒相關資料進行調查與彙整，進而研製改良小米脫粒機械，降低小米之生產成本，以期提升該農產品之競爭力，並提升我原住民農業機械化，

促進農民獲利率之提高。此研究成果將可對國內農業機械化工作提供具體貢獻。

第二章 文獻探討

一、脫粒機械沿革與種類特性及構造作用

穀物脫粒是穀物收穫作業中重要的一環，係為由禾本科作物之莖稈上使其穀粒或穗等予以脫離之一種機具。自古即有千齒、拉箸、連枷、打穀台等工具如圖 2-1 所示，漸次動力化後今天幾乎全部使用動力式脫穀機⁽¹¹⁾。

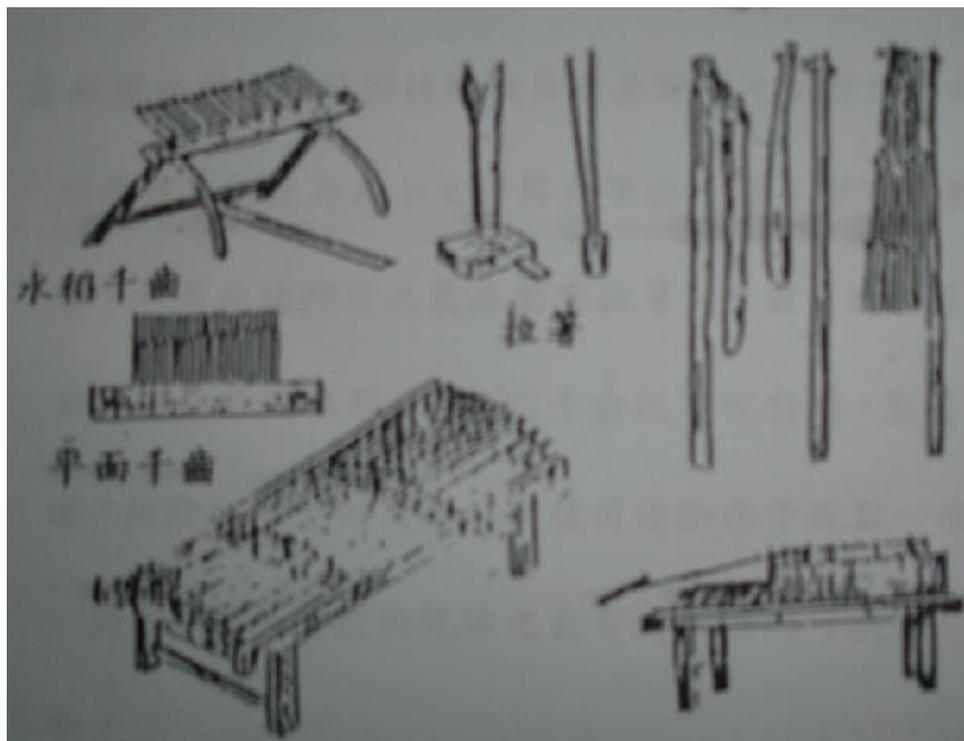


圖 2-1 古時脫粒機具⁽¹¹⁾

(一) 脫穀機之種類與特性：

脫穀機械大致可分為人力用與動力予以分類⁽¹¹⁾：

1. 以作用原理方式分類：

- (1). 踏脫作用：將收穫之禾本科作物成環形，厚厚鋪平於堅硬之地面上，再用 3-4 頭並排之牲畜在其上面不斷繞圈行走，依彼等踏壓之力予以脫穀，或用畜力拖曳一具石輓，利用其重量壓力之作用予以脫穀之方法，或將穀物置於道路上利用來往汽車輾壓脫粒之方法者，於脫粒中尚需將脫穀物用叉子予以不停的翻轉。此種踏脫方法可適用於容易脫粒之作物。
- (2). 拉脫作用：將莖稈挾於機具重要部份之間隙內，再以較穀粒梗所具有之拉應力為小之作用力予以拉引，即可使穀粒脫離莖稈者，利用此種作用之農具則有拉箸、千齒、拉梳等。此種脫粒之方法適用於稻麥等作物。以千齒

從事脫穀時，容易發生大量之斷穗，故於脫粒後尚需將此斷穗用連枷再予脫穀一次，但本器具有一特長，即不受穀粒乾燥之良否所限而均可脫穀，且又不傷及穀物。

- (3). **打脫作用**：依打擊之作用予以脫穀者，舊式之打穀用器具則有連枷與打穀台等。連枷為各國古時使用之一種農具，使用時將其長柄上下擺動，其上端用棍棒或割竹等編成之擊木即可不停旋轉，當放下時即將散鋪於地面上之禾穀予以敲打脫粒，本器具常用於稻穗、莖莖以及其他之脫粒與脫芒等工作。打穀臺為古時將稻麥與豆類置於石上臺上敲打予以脫粒之方法；打脫作用皆係用手力予以上下採作，故需要勞力甚多，效率亦低。將此種打脫作用予以高速機械化之主要機械，即為年來所用之迴轉脫穀機。
- (4). **搓脫作用**：利用旋轉或往復運動之機件與固定機件間之相互搓揉作用予以脫粒者。

2. 依原料之供應而分類⁽¹⁵⁾：

- (1). **投入式**：係將原料直接擲入脫穀筒內，進行脫穀之方法。
- (2). **握脫式**：係將原料用人手握成束予以處理，即所謂握脫式。
- (3). **自動送入式**：係將握脫式予以自動化而成，與握脫式之動力脫穀機相比，工作較輕鬆且效率又高。

3. 依脫穀筒之型式而分類⁽¹¹⁾：

- (1). **單筒型**：係為脫穀筒 1 個，為使脫穀徹底，必須時將原料翻轉，但因其構造簡單，現在使用者最為普遍。
- (2). **雙筒型**：雙筒型者，係並排兩個同徑或異徑之脫穀筒，以相同方向旋轉水平排列者，稱為平排型，以相反旋轉垂直排列者，稱為重疊型。

4. 依脫穀之方式而分類⁽¹¹⁾：

- (1). **上脫式**：係用於單筒型者，將原料置於脫穀筒之上方進行脫粒之如圖 2-2 所示。
- (2). **下脫式**：係用於單筒型或平排雙筒者，將其原料於脫穀筒之下方進行脫粒之如圖 2-3 所示。
- (3). **中脫式**：通常用於雙筒重疊型使用之脫穀法，原料無需翻轉如圖 2-4 所示。

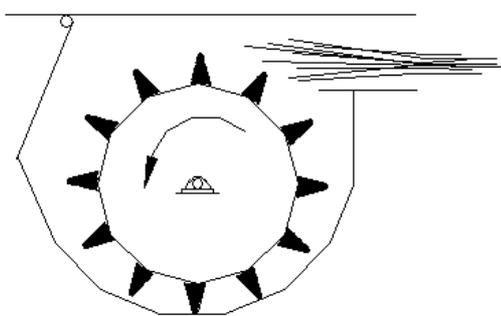


圖 2-2 上脫式⁽¹¹⁾

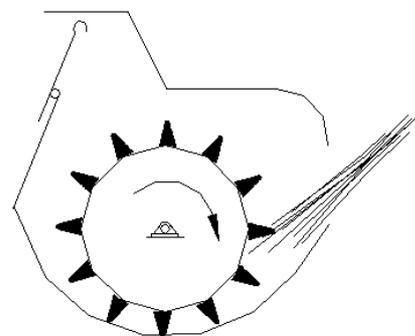
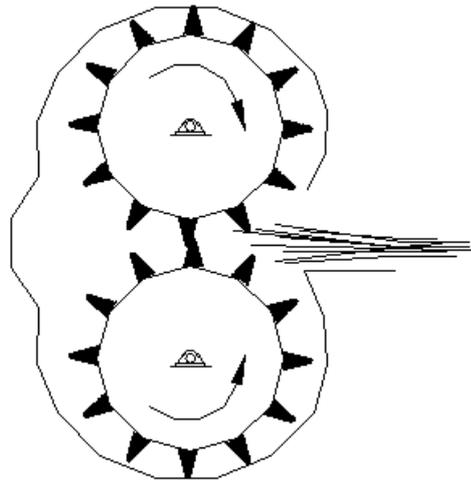
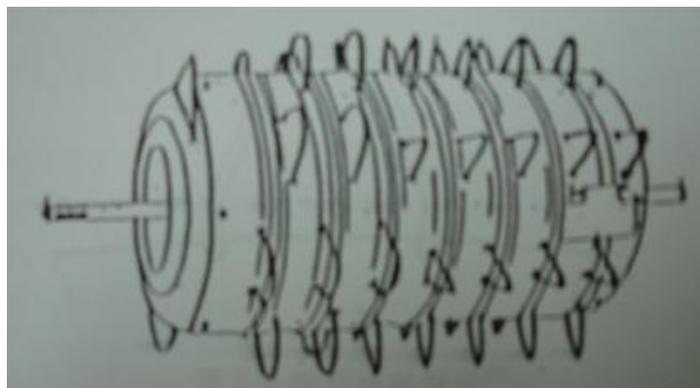


圖 2-3 下脫式⁽¹¹⁾

圖 2-4 中脫式⁽¹¹⁾

(二) 脫穀機之主要構造與作用⁽¹¹⁾

1. **脫穀筒**：脫穀筒之構造係為以鐵板捲成圓筒形狀其兩側用薄鋼板 壓製如圖 2-5 所示，因筒中間安裝一根鋼棒作為脫穀筒軸，再用軸承予以支撐供給脫穀齒所需之動量。而脫穀筒之大小（直徑 D）過小時，稻稈屑等之纏繞情形較多，且拉束力甚大，易使脫穀人疲勞，但脫穀筒過大時，其重量增加且消費動力多，亦容易引起震動，故一般脫穀筒之直徑普通為 380-420mm 左右⁽¹⁷⁾，脫穀筒迴轉速度之大小與脫穀作用及其效率有莫大關係；根據實驗其有效直徑之切線速度，如為水稻脫穀則以 600-750m/min，如為大麥脫穀則以 700-900m/min 為最適當⁽¹⁶⁾。

圖 2-5 脫穀機脫穀筒⁽¹¹⁾

2. **脫穀齒**：脫穀齒固定於脫穀筒上，呈倒 V 字型如圖 2-6 所示。其主要作用為打擊穀物，使穀粒與穗稈分離達到脫粒之目的。其脫穀齒之排列方法，對脫穀作用、斷穗量、穀粒損傷以及拉束力等之影響甚大。雖然有待研究之餘地仍多，但現在所用之動力脫穀機，其脫穀齒之橫向間隔大致為 100-120mm 左右者為多，橫向間隔稍寬者，其所需之馬力與斷穗量較少。此等脫穀齒以不規則狀、螺旋狀與交叉狀等，排列於 12 條脫穀筒之橫板上，用釘入、折曲與螺絲帽予以固定。

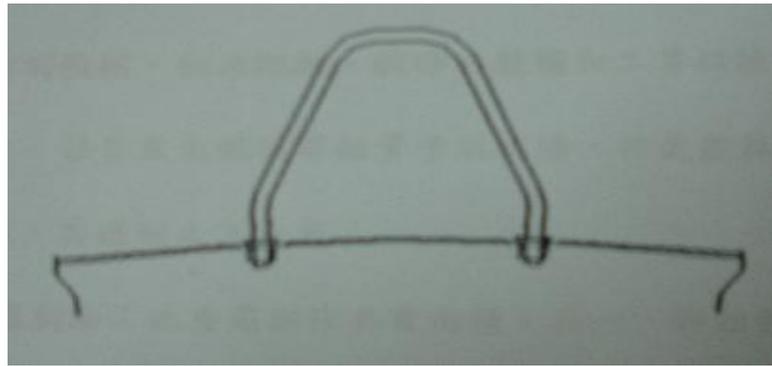


圖 2-6 脫穀機脫穀齒⁽³⁾



圖 2-7 脫穀機篩線⁽³⁾

3. **承網**：承網為包圍於脫穀筒下半部之凹面網。其作用在將較大之雜物稈稈與穀粒予以分離。
4. **篩線**：由排塵室所排出的稻草屑中，可能含有相當量的穀粒，因此，用篩線再篩選分離如圖 2-7 所示。
5. **風鼓**：風鼓為 2-4 片翼瓣之翼輪所製成之。其作用在於分離未飽穗及較小的雜物與良好的穀物。

二、穀類選別機械及方法⁽¹¹⁾：

穀粒選別機械，係由脫粒、脫稈，穀類加工等以後之原料中將稈稈碎屑、灰塵、稈芒及未飽穗等雜質予以排除，俾使穀粒均勻劃一而所用之一種機械。其選別之方法有：

1. **比重選別法**：比重選別法共有兩種。其一，因粒體並無親密之結合力，故給予搖動作用後，則粒體之每一粒恰同水之分子一樣，而發生流動，如此可將埋沒於穀粒群中比重較輕之穀粒賦以浮力，而有逐漸向穀粒群表面升起之性質，利用此種性質，即可將盛器中之穀粒予以適當搖動，比重大者滯留於下方，比重小之稈皮、塵埃等夾雜物上浮而予以分離之一種方法。另一種乃係利用風力者，即比重大小順序而予以吹風選別之一種方法。
2. **大小選別法**：利用穀粒大小之不同，依篩子網眼，將不同樣大小穀粒予以區分之一種方法。
3. **粒形選別法**：此係將較圓之穀粒各置 1 粒於半圓形之小室內，以分別選出同一形狀穀粒之方法。

4. **離心選別法**：使穀粒本身發生一種離心力，粒重者落於遠處，粒輕者落於近處而行選別之一種方法。
5. **摩擦選別法**：此乃將混入摩擦少而容易滾動之穀粒中之碎屑、小石等夾雜物予以分離之一種方法。
6. **搖動式選別**：此乃利用一斜板，以一定之方向前後搖動，使較重之穀粒下沉而較輕之未飽穗穀粒及碎屑浮上，進而達到選別之目的⁽¹⁴⁾。

(一)、選別裝置承網⁽³⁾：

位於脫穀筒之下面，能選別穀粒而同時有助於脫穀作用。其脫穀齒與承網的間隙影響脫穀之效率，依穀物之形狀與氣候有所不同，在乾燥地區較大，在濕度高的地方則較小，通常為 6-10 mm。

(二)、選別裝置鼓風機⁽³⁾：

通過承網的穀粒下降途中，由於送風機的送風或吸風被風選將雜物、不良穗米挑除。鼓風機吹向穀粒之風速至少應有 8m/sec 以上，且必須均勻分佈。

(三)、氣流選別⁽¹⁵⁾：

氣流選別方式綜合應用於物料之大小、形狀、密度和對氣流阻力等特性，進行選別作業。輕物料較重物料容易被氣流吹到較遠處或較高處，所以使用氣流選別必須先瞭解物料之終端速度。

三、脫穀筒的運動能量⁽²⁰⁾：

脫穀筒的脫穀作用，主要是由其運動能所產生。如脫穀筒的重量為一定，則其運動能與切線速度的平方成正比。而脫穀筒之運動能量由下式求得。

$$E = \frac{W}{2g} w^2 r^2 = \frac{W}{2g} \left(\frac{2\pi}{60} nr \right)^2 = \frac{W}{2g} S^2$$

式中 E：脫穀筒的運動能量(kgf. m)。

W：脫穀筒的重量(kg)。

g：重力加速度(9.8m/sec²)。

r：脫穀筒的半徑(m)。

n：脫穀筒的轉速(rpm)。

S：脫穀筒的切線速度(m/sec)。

ω ：脫穀筒的角加速度(rad/sec)。

四、脫穀筒轉數⁽⁴⁾：

脫穀筒的脫穀作用，必須具備能完全脫粒而又不損傷穀粒的條件，脫穀筒轉速太快，則穀粒的損傷及飛散之量增多，反之，迴轉速過慢，則選別情形差，容易堵塞

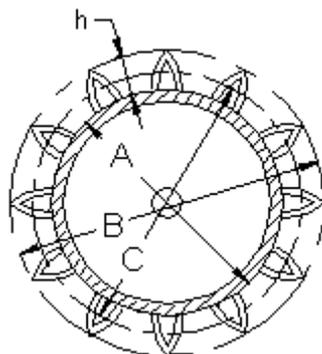
$$N = \frac{S}{pD}$$

以及效率低。因此需有適當的轉速，用下式求出，其各穀物脫粒之脫穀筒最佳切線速度與轉速如表 2-1 所示：

式中 N：最適轉速(rpm)。

S：最適切線速度(m/s)。

D：脫穀筒的有效直徑如圖 2-8 所示。



- A. 脫穀筒直徑
- B. 齒端直徑
- C. 脫穀筒有效直徑
- h. 脫穀齒高度

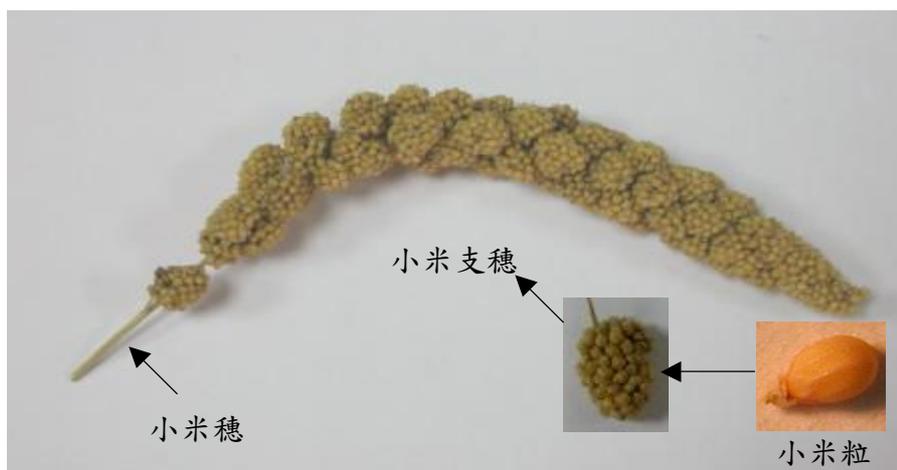
圖 2-8 脫穀筒有效直徑⁽⁵⁾

表 2-1 脫穀筒最適切線速度與轉數⁽⁴⁾

區別	水稻	麥
最適切線速度(m/min)	600-750	750-900
最適轉數(rpm)	450-550	550-750

五、小米之特性

小米為複總狀花序，長約 10~23 公分，直徑約 1.3~5 公分，穗形有圓筒形、圓錐形及棍形等，穗主軸有稜線被白色輻毛，主軸上輪生枝梗亦有輻毛。再由枝梗生小枝梗，小枝梗之分歧先端著生小穗，通常 1~3 箇小穗互生小枝梗上；成熟種實包裹於內外穎中，卵形，光亮，長 2-2.5 公釐，寬 1.25-1.5 公釐，穎色有黃白赤褐及黑色等以黃色最多如圖 2-9 所示⁽⁶⁾。



六、小米脫粒方式

小米收穫工作由於採收機械尚未開發成功，故至今均仍以人工採收，一般小米於穗

變黃下垂而莖葉尚未枯萎時，即達成熟期可開始採收，由於小米每一枝之成熟期不一致；所以必須以人工挑選採收如圖 2-10 所示；採收後之小米裝籃運回或於田間鋪帆布就地以自然乾燥法乾燥再進行脫粒工作；小米之加工步驟大致為收穫、乾燥、脫粒、脫稈等；而小米加工以脫粒最為耗時。過去小米脫粒方式如圖所示（人工脫粒）。



圖 2-10 小米採收情形

(一)、白杵脫粒：

將採收乾燥後之小米置於白裡，然後用杵上下來回往復運動槌擊，如圖 2-11 所示，而白裡之小米要一邊槌擊一邊翻轉小米，使小米完全脫離穗莖，先以雙手將穗稈與小米粒篩選再以自然風來篩選小米粒與未飽穗、碎屑等雜物。由於此種之脫粒方式人必須站立手握杵上下運動，所以此方法脫粒相當的費時及費力。其缺點：耗勞力、效率低。優點：脫粒與脫稈同時進行。



圖 2-11 白杵脫粒

(二)、雙腳搓揉脫粒：

此方法係將乾燥完成之小米，置於平坦之水泥地或置於地面鋪上帆布之上，用雙腳搓揉，如圖 2-12 所示，使小米粒脫離穗莖，先以雙手將穗稈與小米粒篩選再以自然風來篩選小米粒與未飽穗、碎屑等雜物。由於此種之脫粒方式人必須站立著進行脫粒，所以此方法相當的辛苦及費時，有時雙



圖 2-12 雙腳搓揉脫粒

腳搓會破皮受傷。其缺點：耗勞力、效率低及損傷腳。

(三)、打擊式脫粒

此種脫粒之方法係將乾燥好的小米，置於平坦之水泥地或置於地面鋪上帆布之上，然後用木棒敲打小米，如圖 2-13 所示，進而達到脫粒之目的，然後先用篩網將較粗之穗莖穗桿與小米粒予以分離，如圖 2-14 所示，然後利用自然風或電風扇進行篩選將未飽穗、軋毛、雜屑等與小米粒分離之工作，如圖 2-15 所示。此種脫粒方法是目前最為普遍，但有其缺點如：耗勞力、效率低等。



圖 2-13 打擊式脫粒



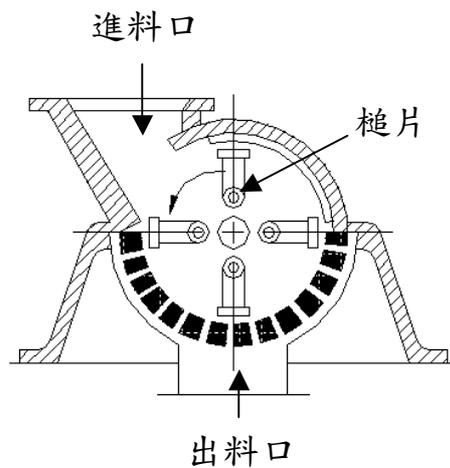
圖 2-14 篩網篩選小米粒



圖 2-15 人工風選小米粒

(四)、槌碎機脫粒機械⁽¹⁰⁾

槌碎機，如圖 2-16 所示，其細碎物料原理主要為衝擊力，裝載於高速迴轉軸上之槌頭，以 1500 到 4000rpm 速度迴轉過程中即將介於網板與槌頭之間的物料細碎，當細碎後之物料粒徑小於網板孔徑時，即挑出機外。更換網板孔徑之大小即可調整細碎物料粗細度。細碎作用除了主要靠衝擊力外，亦有搓揉摩擦力幫助物料之細碎。槌頭由若干排槌片組合，間隔 2.5-7.5 cm 排列於迴轉軸上。將乾燥完成之小米穗導入槌碎機，小米穗受到槌碎機之槌頭敲擊，小米粒自然脫離穗莖。由於此方法連穗莖穗桿都予以打碎，然後再將碎穗莖與小米粒予以分別。此方法之篩選有氣流篩選與水流(比重)法篩選。缺點：雜音大、易破損、不易選別、效率低。

圖 2-16 鎚碎機⁽¹⁰⁾

第三章 小米脫粒機械結構

一、小米脫粒機械

由於小米之特性多數脫穀機械都不適用於小米之脫粒上；由研究綜合各類傳統脫穀機具及各種動力脫穀機械與對小米脫粒作用原理之探討及小米之特性；進而研究改良出一種小米專用脫粒機械，如圖 3-1 所示；脫粒機械係為單筒直接投入式，將過去傳統人工脫粒、篩選兩個動作一次完成；其機件結構，如圖 3-2 所示。其小米脫粒機係由紅豆脫粒機改良之。由於小米與紅豆之物理性質不同，所以紅豆脫粒機不適用小米脫粒上。必須加以修改，如脫穀齒齒數、承網孔徑、脫穀齒與承之間隙、篩線及風鼓等機構。



圖 3-1 小米脫粒機

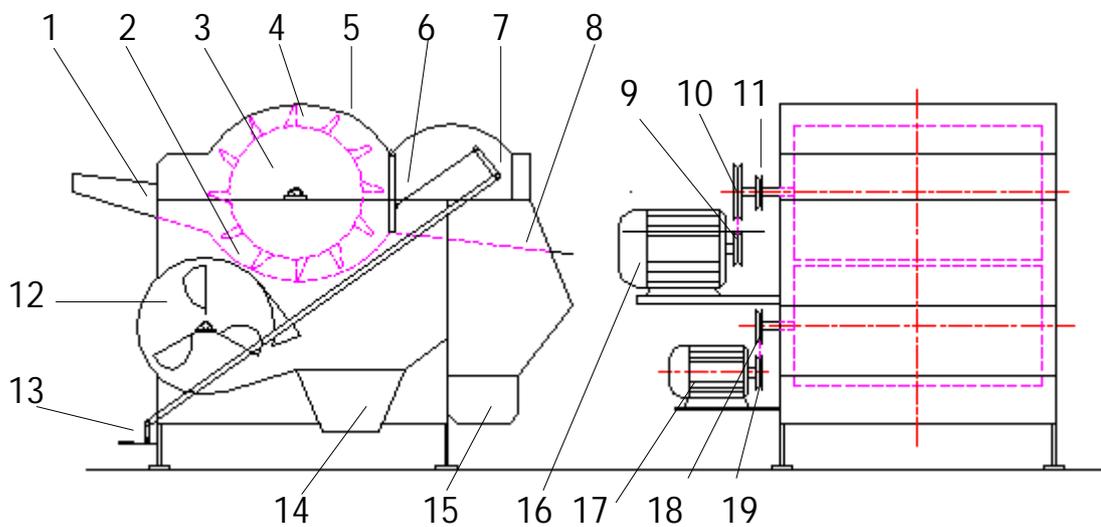


圖 3-2 小米脫粒機件結構

- | | |
|-------------------------|----------------------------------|
| 1. 進料口 | 11. 篩線驅動皮帶輪 |
| 2. 承網(孔徑 ϕ 3.9mm) | 12. 鼓風機 |
| 3. 脫穀筒(直徑 ϕ 380mm) | 13. 排塵板踏板 |
| 4. 脫穀齒 | 14. 第一出料口 |
| 5. 脫穀室蓋 | 15. 第二出料口 |
| 6. 排塵板 | 16. 脫穀筒驅動馬達(Day Ton 2hp 單相 220V) |
| 7. 排塵板連桿 | 17. 鼓風機驅動馬達東元 1/4hp 三相 220V) |
| 8. 篩線 | 18. 篩線驅動皮帶輪 |
| 9. 脫穀筒驅動馬達皮帶輪 | 19. 鼓風機驅動馬達皮帶 |
| 10. 脫穀筒皮帶輪 | |

二、小米脫粒機械脫粒之作用原理及流程說明

本研究改良之小米脫粒機械係為直接投入式；當小米穗接觸脫穀筒時，受到脫穀筒上所安裝之脫穀齒之打擊而發生脫穀作用；穗稈、支穗、斷穗、小米粒或未飽穗等在承網處予以處理；穀粒通過網眼篩後即落下；此時落下之穀粒、未飽穗及細小碎屑受到風鼓之吹風作用，由其比重之不同而予以風選，精良之穀粒則吹至第一出料口，不完全穀粒吹至第二出料口，較輕之穗稈碎屑未飽穗即吹出機體外；其作業流程，如圖 3-3。由於脫穀室為用蓋子、排塵板、承網等包圍之室；所以在脫粒時必需適時打開排塵蓋排除碎稈穗屑等雜物。

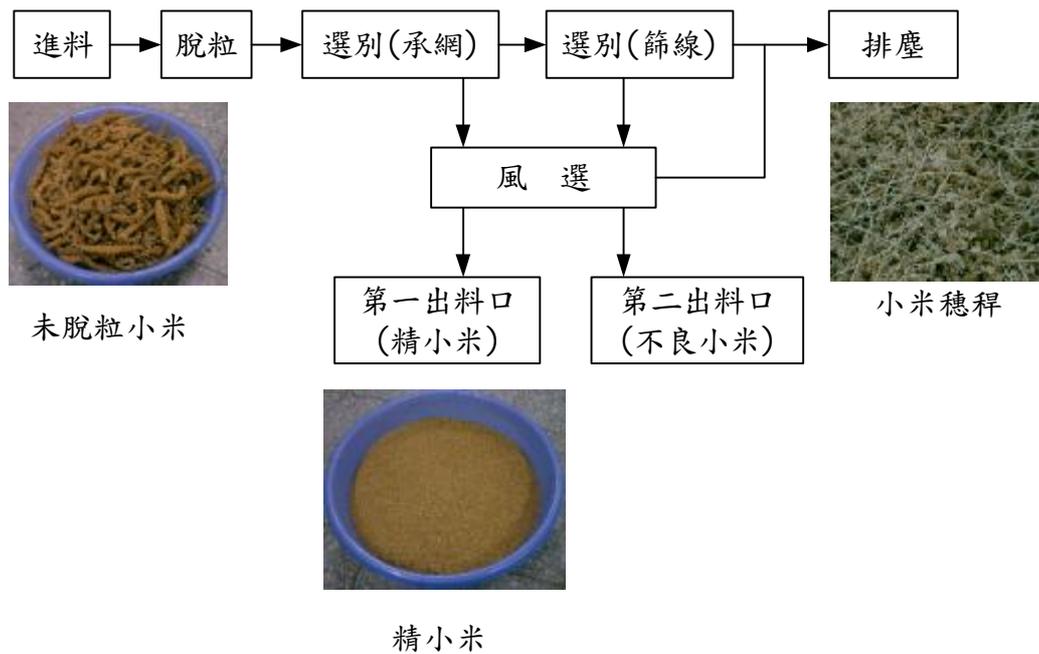


圖 3-3 小米脫粒機作業流程

三、小米脫粒機械動力與運動方式

小米脫粒機械動力設計之理念是由電動機為動力原，經由三角皮帶將動力傳出，運用皮帶做為動力傳遞元件，其理由為三角皮帶比齒輪安靜無聲、成本低、安全、遇大負荷時，僅打滑不至於造成機件損壞，可簡單的做長距離的動利輸出，且皮帶傳動效率比齒輪高，而動力經由三角皮帶之後，便直接驅動脫穀裝置減少無謂的動力消耗如圖 3-4 所示⁽⁵⁾。由於小米脫粒機械之動力原電動機動力傳入脫穀筒裝置時，比動力脫穀機轉速快，故需做適當的減速。

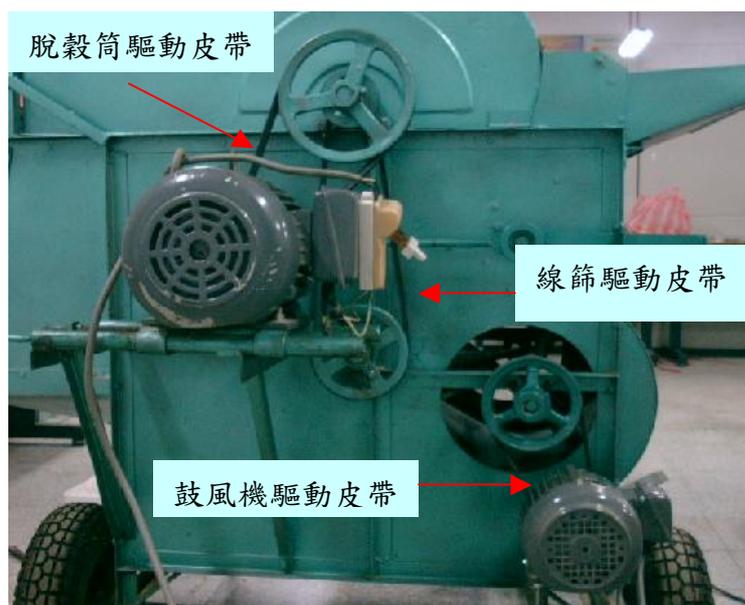


圖 3-4 小米脫粒機各驅動皮帶

四、小米脫粒機械脫穀筒及脫穀齒與承網

脫穀筒如圖 3-5 所示之構造，係為 1.2 mm 厚度之鐵板捲成一圓筒狀，其兩側則用壓製之鐵板。圓筒之中間安裝一根直徑 22 mm 之鋼棒作為脫穀筒軸，其鋼棒兩側裝有軸承來支援脫穀筒。脫穀筒之寬度為 700 mm，直徑(D)為 380 mm，脫穀筒包角為 114° (承網相對脫穀筒包角)。脫穀筒有效直徑(脫穀筒直徑(D)再加上脫穀齒 1/2 之高)為 436.8 mm，脫穀筒重(W) 20.5 kg。

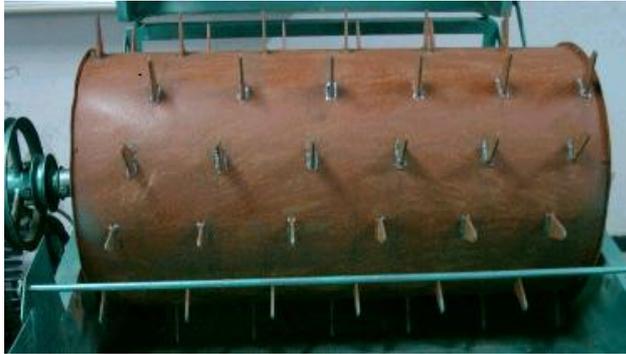


圖 3-5 小米脫粒機脫穀筒



圖 3-6 小米脫粒機脫穀齒(螺旋式排列)

脫穀齒如圖 3-6 所示係用 4.5 mm 厚之鐵板製成三角實心形狀之，其頂角為 21.8° ，高度為 56.8 mm，底寬為 30 mm，頂寬為 20 mm，脫穀齒總數 72 支，其脫穀齒橫向間距 116 mm，以螺旋式排列。脫穀齒齒尖端與承網之間隙為前 11.2 mm 後 7.2 mm。脫穀齒運用實心而不用鋼條製作之理由原因為鋼條所作的脫穀齒在進行脫粒時小米穗、穗稈容易卡於脫穀齒上而影響脫粒率與排草。

承網為 5 mm 厚度衝孔之不銹網板製成如圖 3-7 所示。其孔徑依據小米之支穗徑製成為 3.9 mm，其承網包圍於脫穀筒下部之凹面網。



圖 3-7 小米脫粒機承網

五、小米脫粒機械風鼓與篩線

風鼓係以 3 片翼瓣之翼輪製成，長 650mm 寬 125mm 如圖 3-8 所示。

篩線前端係以金屬線編成網眼為 7 mm 之摺網，後端係以金屬條(直徑 5 mm 長 600 mm)

排列成之，如圖 3-9 所示。

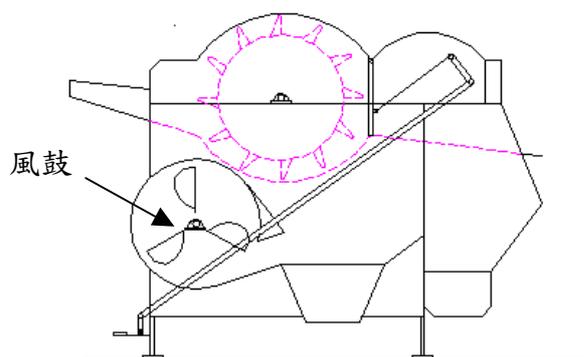


圖 3-8 小米脫粒機鼓風機



圖 3-9 小米脫粒機篩線

第四章 實驗設備與材料及方法

一、實驗材料與設備

本研究選擇台東選 1 號小米（種植於潮州鎮）使用之設備有：精密電子天秤、風速計、精密電子游標卡尺、接觸式轉速計、乾濕球溫度計、馬錶、篩網、碘酒、可程式恆溫乾燥箱，如圖 4-1 所示、皮托管，如圖 4-2 所示及氣流速度測定裝置，如圖 4-3 所示，氣流速度測定裝置用來量測管內之氣流速度，其構造係由鼓風機、氣流調整器、氣流整流器及皮託管等元件所組成，如圖 4-4 所示⁽¹⁸⁾；鼓風機之送風口直徑為 $\phi 78\text{mm}$ ，氣流調整器為一可利用旁通管排出氣流之多寡來調整進入管內之氣流量，通風管內徑為 $\phi 85\text{mm}$ ，為使進入管內之空氣能有穩定之氣流，乃以長 173.8mm 內徑 $\phi 5.5\text{mm}$ 的薄膠管紮成一束置於管內作為氣流整流器，如圖 4-5 所示。



圖 4-1 可程式恆溫乾燥箱



圖 4-2 皮托管



圖 4-3 氣流測定裝置

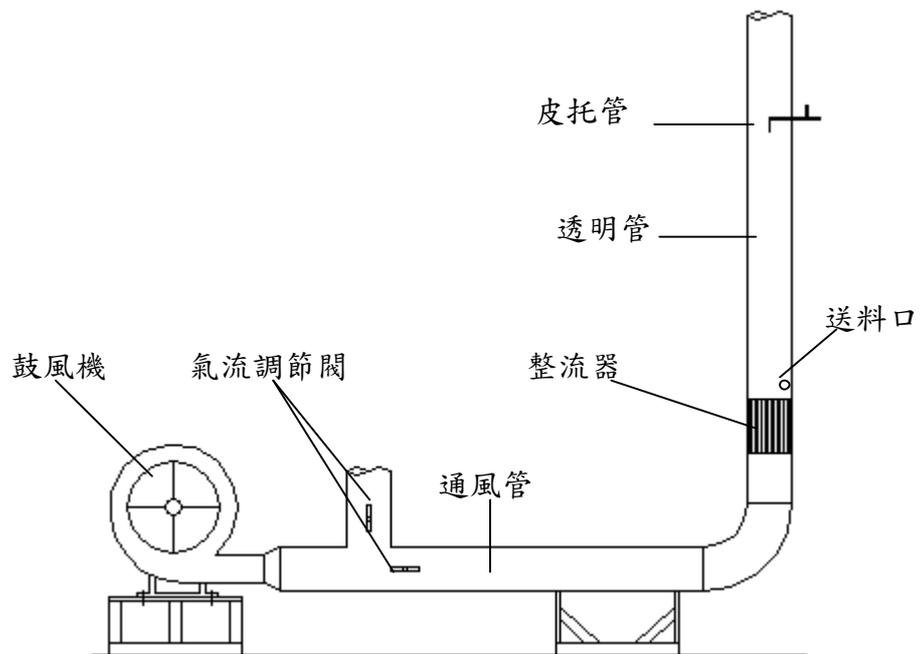


圖 4-4 氣流測定裝置結構⁽¹⁸⁾



圖 4-5 氣流整流器

二、實驗方法

(一)、小米穗長、中間穗徑、支穗徑及千粒重測定

採 30 樣本直接用量測儀器量測。

(二) 小米含水率測定

依據 ASAE 標準第 S352.1 號一般穀物及種子水分測定法之準則，以溫度 130°C 烘烤 18 小時⁽¹⁾。(由於 ASAE 標準水分測定法內小米並無列出，故以相類似之穀物高粱作為參考標準)。依據濕基含水率之公式⁽⁹⁾，求得小米之含水率百分比。

$$\text{濕基含水率 } m = \frac{w}{w + d} \times 100 \quad (\%)$$

式中 m：濕基含水率。

w：水分重。

d：乾物重

(三)、小米粒終端速度測定

研究農產品終末端速的方法大致可分為兩類：即自由落體法及浮力法，本研究係以浮力法，求小米之終端速度。浮力法即是將農產品放置於垂直氣流中，調整空氣速度直到農產品處於懸浮狀態，因為此時作用於物體上的外力是處於平衡狀態，農產品的重力恰好等於其承受的阻曳力，此時之空氣速度為農產品的終端速度⁽⁶⁾。則由全壓力 P_t 與靜壓力 P_s 並根據白努利定理 (Bernoulli's Theorem) 可由下式求出鼻管尖端處之流速⁽⁷⁾⁽¹²⁾。

$$\frac{\gamma}{2g} u^2 + P_s = P_t \text{-----(1)}$$

上式中之 γ = 氣體 (空氣) 之單位體積重 (kg/m^3)

u = 流速 (m/s)

又在實際上乘以皮托管固有特性值之皮托管係數 K ($K \approx 1$)，亦可由下式求得之，即

$$u = K \sqrt{\frac{2g(P_t - P_s)}{\gamma}} \text{ (m/s)-----(2)}$$

(四)、小米脫粒機械性能測定⁽¹⁹⁾

1. 將小米脫粒機械之排塵口用細網包圍住，如圖 4-6 所示。
2. 調整鼓風機之風速於 3.6m/s。
3. 以不同之脫穀筒切線速度進行脫粒 (14.23m/s；16.76m/s；17.45m/s；18.90m/s)。
4. 以不同之脫穀時間進行脫粒 (10 秒；15 秒；20 秒；25 秒；30 秒)。
5. 以脫穀筒切線速度 17.45m/s，10 秒鐘重覆一次之脫穀時間進行脫粒。
6. 將第一出料口 (A) 及第二出料口 (B) 與排塵口 (C) 已脫粒之小米粒加總。
7. 將第一出料口及第二出料口與排塵口未脫粒之小米粒，以人工之方式脫粒並加總。
8. 以下式求得脫粒率：(脫粒之定義係為凡小米粒脫離穗桿稱之)。

$$R = \frac{(A + B + C)}{(A + B + C + D + E + F)} \times 100 (\%)$$

R=脫粒率(%) D=第一出料口未脫粒(g) C=排塵口精粒(g)

A=第一出料口精粒(g) E=第二出料口未脫粒(g)
B=第二出料口精粒(g) F=排塵口未脫粒(g)



圖 4-6 小米脫粒機排塵口包細網

9. 從已脫粒之小米，依四分法取樣，利用碘酒；由於小米含有澱粉之成份，當澱粉與碘酒結合時即反應深藍色；因此，當小米有裂損使碘酒滲透進去時即反應出深藍色，如圖 4-7 所示，故得知小米破損率。其破損之定義係為小米在進行脫粒時受脫穀齒打擊或於脫穀筒內飛竄撞擊脫穀機體內造成裂痕破損；但若僅小米之桴皮破損而未傷及穀粒內部即不稱謂破損範圍內。

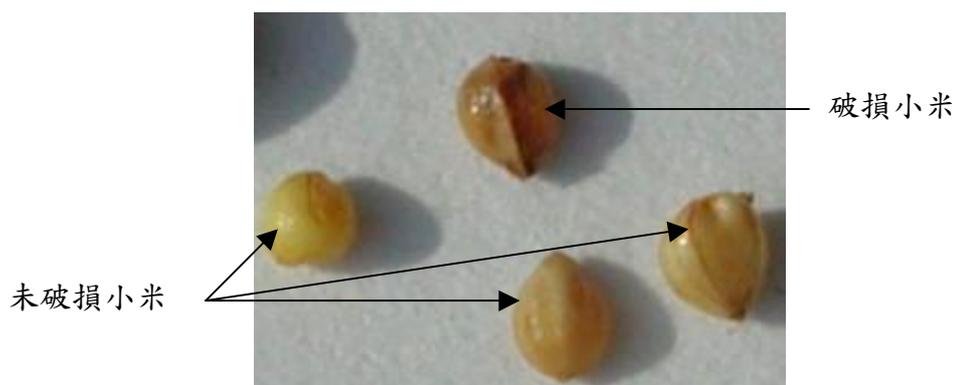


圖 4-7 小米破損之辨別

第五章 結果與討論

一、實驗結果

於民國九十二年十一月十一、十二、十三、十四、十五、十六及三十日（未乾燥）進行脫粒實驗；其實驗數據如後細述。

（一）、小米之物理性質

由表 5-1 之小米物理性質實驗數據所得，可知小米之穗長不均等，最短(66.89mm)與最長(121.62mm)相差距很大；中間穗徑也是如此；最小(10.75mm)最大(15.30mm)。由此可知小米穗之形狀是不規則長短胖瘦不一。其原因為小米播種之種子不均勻及所受到之管理（如品種、施肥、水份、土壤良窳等因素）不一致所造成。至於小米粒之重量、終端速度及乾燥前與乾燥後之含水率就較接近。

表 5-1 小米之物理性質

性質 樣本	穗長 mm	中間穗 徑(mm)	支穗直 徑(mm)	千粒重 (g)	含水率(%)		終端速度 (m/s)
					乾燥前	乾燥後	
1	92.80	15.00	6.41	1.73	27.08	13.37	3.61
2	67.64	14.09	5.98	1.77	26.76	13.38	4.08
3	79.59	12.14	6.08	1.74	27.01	13.36	3.82
4	88.68	12.40	4.91	1.71	27.12	12.43	4.26
5	117.65	10.79	5.86	1.77	26.82	13.28	3.59
6	85.90	13.47	5.32	1.75	27.03	13.24	3.72
7	66.89	11.87	7.75	1.18	26.89	13.40	3.92
8	94.40	11.51	5.96	1.75	27.01	12.99	3.80
9	98.38	14.25	5.88	1.78	26.82	13.30	3.93
10	74.22	14.95	4.76	1.74	27.04	13.32	4.03
11	92.45	11.86	6.01	1.80	26.68	12.58	3.75
12	102.46	12.63	5.46	1.76	26.62	13.36	3.83
13	82.32	13.28	5.38	1.82	26.49	12.33	4.14
14	121.62	11.28	5.35	1.76	26.47	13.07	3.87
15	70.73	10.96	5.18	1.78	27.07	13.32	4.25
16	71.03	12.36	4.96	1.79	26.79	13.48	4.13
17	78.35	15.30	5.81	1.79	26.67	12.53	3.93
18	81.60	11.56	6.26	1.82	26.76	13.03	3.82
19	82.56	13.18	6.51	1.78	26.84	13.15	3.75
20	63.78	10.75	5.03	1.76	26.67	13.18	3.71
21	78.68	14.03	4.91	1.73	27.10	12.73	3.68
22	113.79	14.28	4.87	1.80	26.52	13.24	3.98
23	118.18	15.08	6.66	1.76	27.09	12.87	4.36
24	87.98	12.45	4.87	1.79	26.79	13.01	4.23
25	88.93	11.69	5.46	1.79	26.82	12.58	4.25
26	86.30	14.00	5.57	1.80	27.01	12.48	4.09
27	81.26	12.30	6.03	1.73	26.84	13.34	4.32
28	108.45	12.07	5.78	1.74	27.07	12.71	3.74
29	70.12	13.06	4.92	1.82	26.69	13.21	3.82
30	103.58	11.30	5.62	1.80	26.62	13.45	4.01
平均	88.34	12.80	5.65	1.77	26.84	13.06	3.97
標準差	16.18	1.89	0.67	0.03	0.19	0.35	0.23

(二)、脫穀筒切線速度 14.23m/s 之脫粒率與破損率

由表 5-2 實驗所得，可得知脫穀筒切線速度 14.23m/s 之脫粒率隨脫穀之時間長而增加；由圖 5-1 脫穀筒切線速度 14.23m/s 脫粒率之變化，可明顯看出脫穀時間 10 秒鐘至 20 秒鐘之脫粒率增加很大；於 20 秒鐘後其脫穀率就顯得較少。而脫穀之時間並不影響破損率。

表 5-2 脫穀筒切線速度 14.23m/s 之脫粒率與破損率

平均進料重(g)	脫穀時間(秒)	平均脫粒率(%)	平均破損率(%)	標準差	最大值	最小值	備註
791.62	10	93.35	0	0.26	93.60	93.00	如附錄 5-1
791.96	15	96.10	0	0.20	96.41	95.90	如附錄 5-2
791.97	20	97.83	0	0.24	98.08	97.49	如附錄 5-3
791.95	25	98.13	0	0.18	98.45	97.78	如附錄 5-4
791.93	30	98.52	0	0.11	98.69	98.28	如附錄 5-5

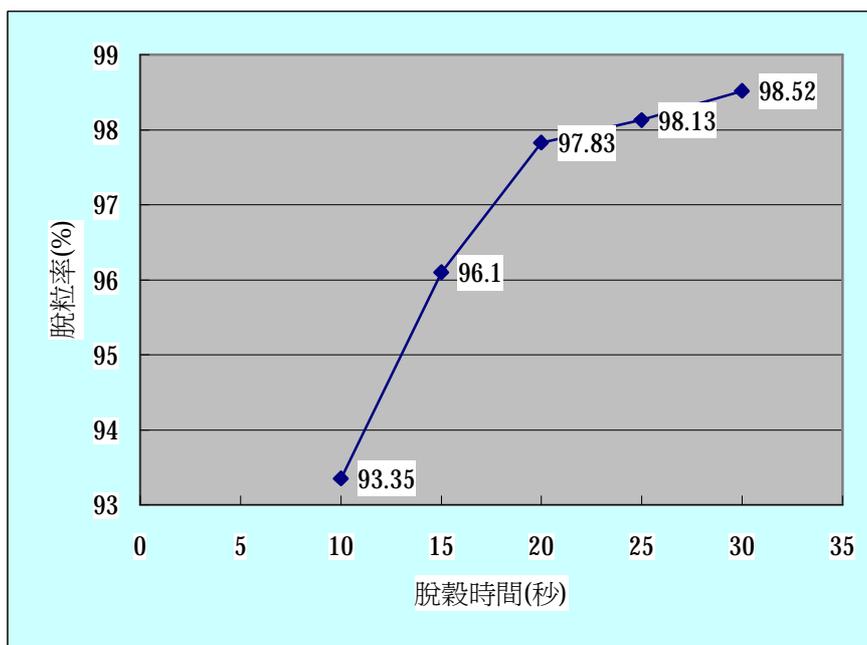


圖 5-1 脫穀筒切線速度 14.23m/s 時脫粒率之變化

(三)、脫穀筒切線速度 16.76m/s 之脫粒率與破損率

由表 5-3 實驗所得，可得知脫穀筒切線速度 16.76m/s 之脫粒率隨脫穀之時間長而增加；由圖 5-2 脫穀筒切線速度 16.76m/s 脫粒率之變化，可明顯看出脫穀時間 10 秒鐘至 20 秒鐘之脫粒率增加很大；於 20 秒鐘後其脫穀率就顯得較少。而脫穀之時間並不影響破損率。

表 5-3 脫穀筒切線速度 16.76m/s 之脫粒率與破損率

平均進料重(g)	脫穀時間(秒)	平均脫粒率(%)	平均破損率(%)	標準差	最大值	最小值	備註
792.01	10	97.09	0	0.35	97.52	96.29	如附錄 5-6
791.95	15	97.77	0	0.25	98.16	97.44	如附錄 5-7
791.92	20	98.12	0	0.16	98.41	97.79	如附錄 5-8
791.89	25	98.30	0	0.12	98.50	98.09	如附錄 5-9
791.99	30	98.52	0	0.15	98.76	98.29	如附錄-10

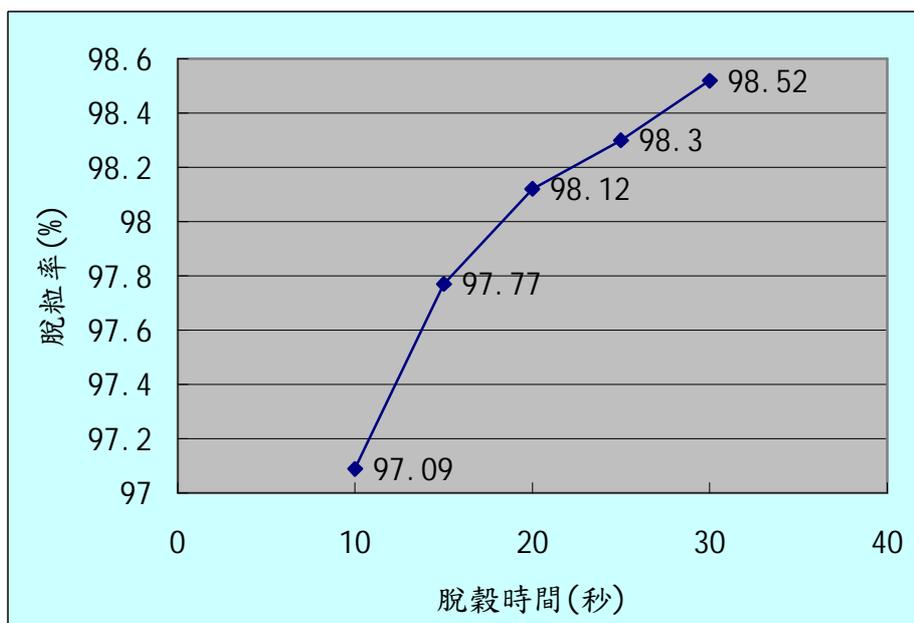


圖 5-2 脫穀筒切線速度 16.76m/s 時脫粒率之變化

(四)、脫穀筒切線速度 17.45m/s 之脫粒率與破損率

由表 5-4 實驗所得，可得知脫穀筒切線速度 17.45m/s 之脫粒率隨脫穀之時間長而增加；由圖 5-3 脫穀筒切線速度 17.45m/s 脫粒率之變化，可明顯看出脫穀時間 10 秒鐘至 20 秒鐘之脫粒率增加很大；於 20 秒鐘後其脫粒率就顯得較少。而脫穀之時間並不影響破損率。

表 5-4 脫穀筒切線速度 17.45m/s 之脫粒率與破損率

平均進料重(g)	脫穀時間(秒)	平均脫粒率(%)	平均破損率(%)	標準差	最大值	最小值	備註
792.00	10	97.48	0	0.14	97.69	97.21	如附錄 5-11
791.82	15	98.02	0	0.16	98.32	97.84	如附錄 5-12
791.94	20	98.25	0	0.14	98.46	97.96	如附錄 5-13
791.98	25	98.60	0	0.11	98.80	98.38	如附錄 5-14
791.96	30	98.80	0	0.08	98.98	98.69	如附錄 5-15

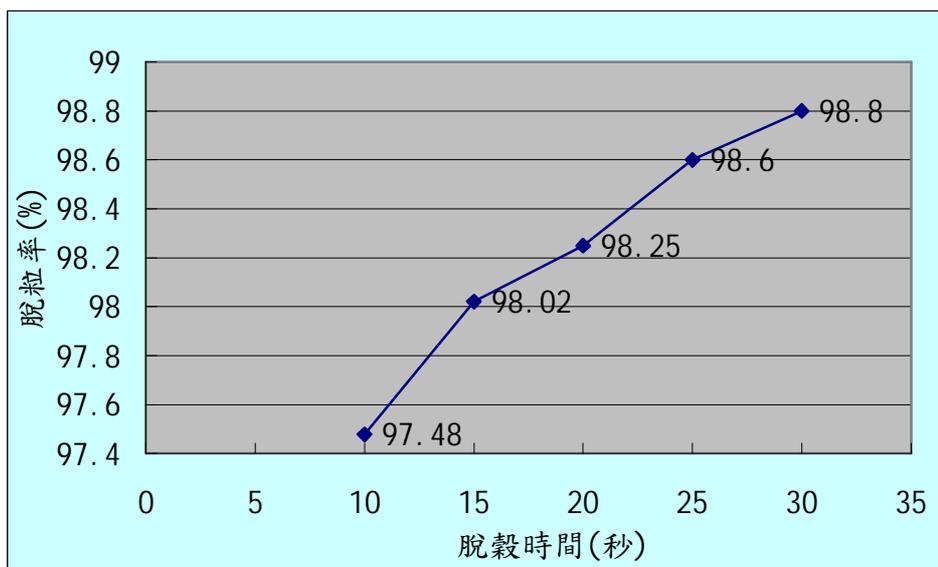


圖 5-3 脫穀筒切線速度 17.45m/s 脫粒率之變化

(五)、脫穀筒切線速度 18.90m/s 之脫粒率與破損率

由表 5-5 實驗所得，可得知脫穀筒切線速度 18.90m/s 之脫粒率隨脫穀之時間長而增加；由圖 5-4 脫穀筒切線速度 18.90m/s 脫粒率之變化，其每段脫穀時間之脫粒率變化量較脫穀筒切線速度 14.23m/s、16.76m/s、17.45m/s 均勻增加；而脫穀之時間並不影響破損率。

表 5-5 脫穀筒切線速度 18.90m/s 之脫粒率與破損率

平均進料重(g)	脫穀時間(秒)	平均脫粒率(%)	平均破損率(%)	標準差	最大值	最小值	備註
791.90	10	97.91	0	0.20	98.22	97.53	如附錄 5-16
791.96	15	98.13	0	0.21	98.46	97.65	如附錄 5-17
791.92	20	98.28	0	0.20	98.60	97.88	如附錄 5-18
791.91	25	98.38	0	0.13	98.65	98.22	如附錄 5-19
791.92	30	98.58	0	0.18	98.91	98.12	如附錄 5-20

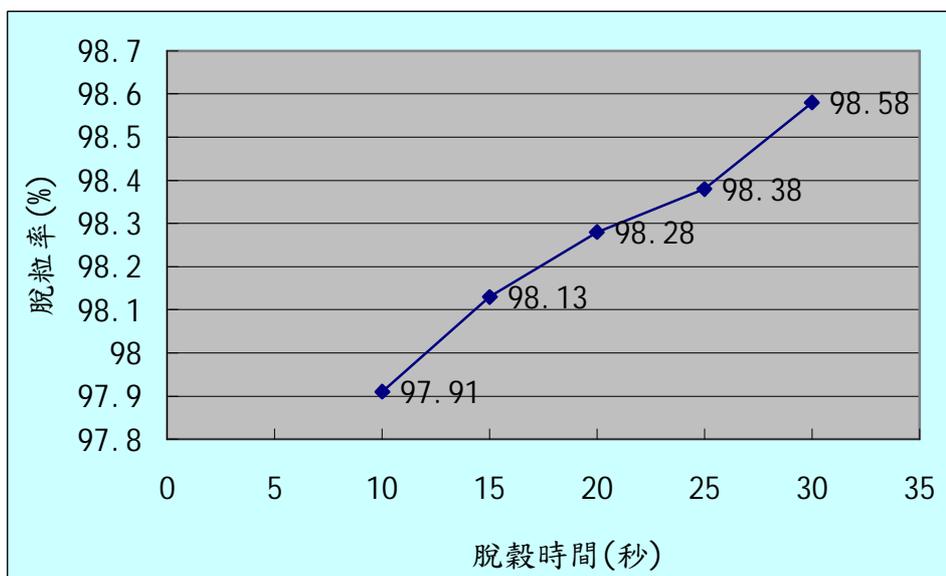


圖 5-4 脫穀筒切線速度 18.90m/s 脫粒率之變化

(六)、各脫穀筒切線速度脫粒率之比較

綜合上述試驗結果脫穀筒之切線速度會影響其脫粒率，但並不可以太快，由圖 5-5 各脫穀筒切線速度脫粒率之比較上，脫穀筒切線速度於 18.90m/s 時之脫粒率並不大於脫穀筒切線速度 17.45m/s 之脫粒率。其原因將於討論之章節詳述。

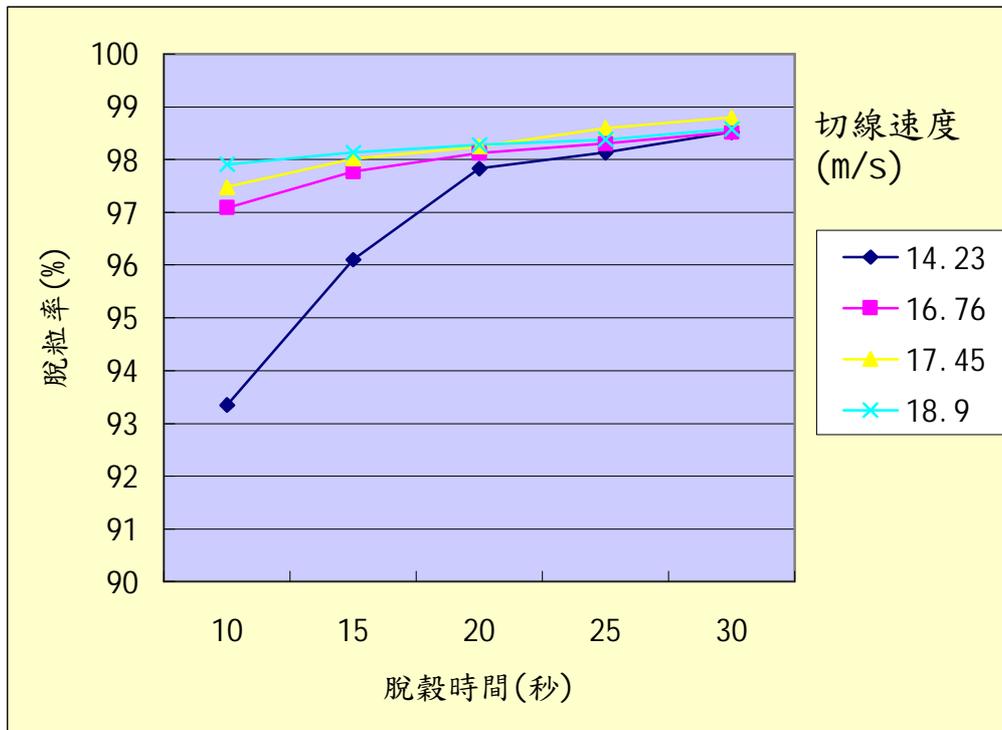


圖 5-5 各脫穀筒切線速度脫粒率之比較

(七)、以脫穀筒切線速度 17.45m/s 不同脫穀條件之脫粒率之比較

以脫穀時間 20 秒採不同之脫穀切線速度進行脫粒來比較脫粒率，其脫穀條件有：A 為脫穀筒切線速度 14.23m/s 下脫粒之脫粒率；B 為脫穀筒切線速度 16.76m/s 下脫粒之脫粒率；C 為脫穀筒切線速度 17.45m/s 下脫粒之脫粒率；D 為脫穀筒切線速度 18.90m/s 下脫粒之脫粒率；E 為脫穀筒切線速度 17.45m/s，脫穀時間為 10 秒再重覆脫粒 10 秒下脫粒之脫粒率；F 為未乾燥小米以脫穀筒切線速度 17.45m/s 下脫粒之脫粒率。由圖 5-6 得知以脫穀筒切線速度 17.45m/s 重覆式脫粒下之脫粒率為最佳，如附錄 5-21 所示。其原因將於討論之章節詳述。

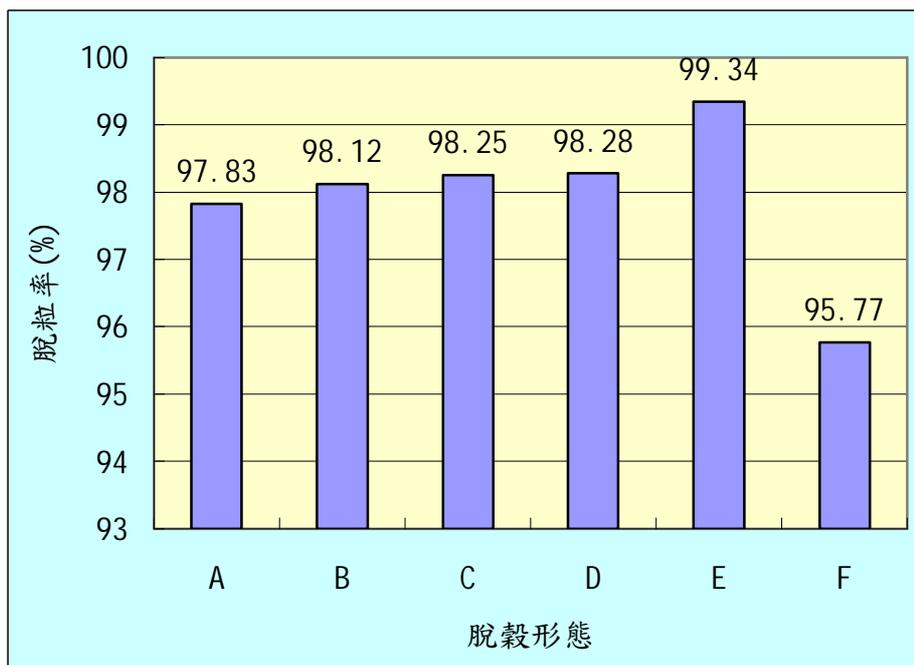


圖 5-6 脫粒率之比較

二、討論

(一)、脫穀筒切線速度與脫粒率之關係

由實驗結果得知，脫粒率隨脫穀筒之切線速度增加而增加；但是，脫穀筒切線速度並不宜太高，因為，切線速度增加時其脫穀齒之切斷力相對的亦增加，所以當脫穀筒之切線速度於 17.45m/s 後，於第一出料及第二出料口出現穗稈屑之現象；進而影響其脫粒率與脫粒品質。而且，其脫粒率之增加率非常微小。

(二)、脫穀時間與脫粒率之關係

由實驗結果得知，脫穀時間對脫粒率有相當之關係影響。其脫穀時間愈久脫粒率即愈高；但是，由於脫穀時間愈久其穗稈碎屑等較重之雜物落入第一出料口及第二出料口之機率即愈高；進而影響其脫粒之品質。

(三)、脫穀時間長短與脫穀筒切線速度對破損率之影響

由實驗所得，在此次實驗的條件，脫穀的時間長短與脫穀筒之速度快慢進行脫

粒並不會造成小米破損。

(四)、含水率對脫粒率與破損率之影響

一般小米之脫粒加工作業，都是於小米乾燥後執行，而其乾燥皆為自然乾燥法；因為小米在尚未脫粒前為一長條形不規則形狀，不易機械化乾燥；所以小米在脫粒加工前先行乾燥。而自然乾燥法所需之時間依天候約 3-5 日所以非常的費時；若遇到雨季就無法預估乾燥時間。因此，本研究做了尚未乾燥進行脫粒之實驗；來比較與乾燥後之脫粒率。本實驗係以脫穀筒切線速度 17.14m/s 脫穀時間 20 秒鐘；其脫粒率 95%以上，如附錄 5-22 所示。

(五)、最佳脫粒方法

由實驗所得，尚未脫離支穗之小米非常少；而未脫粒之小米皆為小米支穗斷落。而被排出之已脫粒之小米多於尚未脫粒之小米，其原因為小米在進行脫粒時已脫離支穗之小米被包夾於穗稈穗屑裡而無法掉落而在排放穗稈碎穗屑時一併被排出。因此，用重覆式脫粒之方法即可解決此問題。

(六)、最佳之脫粒之條件

由實驗所得，得知最佳之脫粒之條件為脫穀筒切線速度 17.14m/s 脫穀時間於 10 秒鐘重覆一次式。

(七)、作業效益

一般小米脫粒係採用人工，非常辛苦耗體力，經坊間查訪，目前人工脫粒以打擊式最為普遍，其效率約 150kg/每日(8 小時)；而動力小米脫粒機，以最佳條件脫穀筒切線速度 17.45m/s，脫穀時間 10 秒鐘重覆一次式；約 111 kg/h，每 8 小時約 888 kg，所以機械脫粒之效率是人力脫粒率近 6 倍，而且機械脫輕鬆不費力一人即可作業。

第六章 結論與建議

1. 經實驗得知脫粒最佳條件為：脫穀筒切線速度於 17.45m/s，脫粒時間 10 秒鐘而且重覆一次；其平均脫粒率達 99.34%。
2. 雖然脫粒率隨脫穀筒之切線速度及脫穀時間成正比之關係；但是，脫穀筒之切線速度及脫穀時間亦相對的影響脫粒品質。
3. 雖然未作實際人工脫粒之脫粒率試驗，僅以坊間查訪人工脫粒效率，得知機械脫粒效率是人工脫粒效率近 6 倍；而機械脫粒輕鬆不費力一人即可作業。人工脫粒非常辛苦耗體力，脫粒之效率會因體力疲乏及熟練度而影響；機械脫粒就無此問題。
4. 進行脫粒時以重覆式脫粒最佳，可避免小米粒被穗稈包夾而一併被排出機體外。
5. 由此次實驗所得未乾燥脫粒，其脫粒率可達 95%以上；未乾燥進行脫粒後再機械化乾燥，如此，就不必擔心雨季天候之影響，而且可控制乾燥程度及乾燥均勻一致性與品質；而小米機械化乾燥有待進一步研究探討。
6. 若要增加脫粒效率可將進料口在不影響其他因素下加大即可。

7. 為降低脫粒機之成本，可將風鼓之驅動馬達除去；而其動力源可由脫穀筒驅動馬達引進；但必需要換算其轉速。

參考文獻

- 1、中華民國台灣農業機械年鑑(77)年版，水份測定法-一般穀物及種子 (ASAE 標準第 S352.1 號)，財團法人農業機械化研究發展中心出版，第 269-270 頁。
- 2、行政院農業委員會(網站)「農業統計年報」，http://stat.coa.gov.tw/dba_as/asp/a47_l.asp?start=45&done=91。
- 3、周宗武 譯，農業機械學，科技圖書股份有限公司，第 201-203 頁。
- 4、徐景福 編輯，圖解新農業機械，台灣復文興業股份有限公司，第 274 頁。
- 5、徐萬椿 譯，農業機械原理，台灣糖業股份有限公司出版，第 55-58 頁。
- 6、連振昌，細斷青割玉米終端速度之研究，農業機械學刊第 9 卷第 3 期(2000)，第 37-49 頁。
- 7、陳正宏 譯，機械公式之原理及活用，復漢出版社印行，第 136 頁。
- 8、程天驥、丘啟瑩 編著，農藝學，復興書局印行，第 296-297 頁。
- 9、彭錦樵 編輯，農產加工工程，大中國圖書公司印行，第 333-334 頁。
- 10、盧福明 著，農產加工工程學，國立編譯館主編，第 16 頁。
- 11、關昌揚 編譯，農業機械學概論，徐氏基金會出版，第 393-432 頁。
- 12、關昌揚 編譯，農業機械實驗，徐氏基金會出版，第 95-96 頁。
- 13、蘇宗振，國產精緻雜糧專櫃系列介紹之四，雜糧與畜產專題報導，第 25-26 頁。
- 14、木谷收 編著，生物生產機械學，社，第 101 業。
- 15、山下律也、西山喜雄、伊藤和彥、瀨尾康久、岩尾俊男、早川千吉郎、堀部和雄、池田善郎、村田敏、千場秀雄、高田英彥 共著，新版農業機械學，第 65-66 頁。
- 16、石原昂、竹內龍三、森邦男、坂井純、松尾昌樹、南部悟、森嶋博、高田英彥 共著，新農業機械學，朝倉書店，第 205 頁。
- 17、庄司英信 著，農業機械學概論，養賢堂發行，第 304 頁。
- 18、野波、梅田、湯崎、木春。農業機械學會誌第 64 卷第 3 號(2002)，52-53 頁。
- 19、農業機械學會 編，農業機械・設施試驗方法便覽，農業機械學會，第 94-98 頁。
- 20、藺村光雄、增田正三、守島正太郎、田原虎次、石原昂、松田良一、小野哲也 共著，農業機械學，朝倉書店，第 256 頁。

符號說明

E：脫穀筒的運動能量

W：脫穀筒的重量

g：重力加速度

r：脫穀筒的半徑

n：脫穀筒的轉速

S：脫穀筒切的線速度

ω ：脫穀筒的角加速度

N：脫穀筒最適轉速

D：脫穀筒的有效直徑

m：濕基含水率

W：水份重

d：乾物重

φ ：直徑

P_t ：全壓力

P_s ：靜壓力

γ ：氣體之單位體積重

v：流速

K：皮托管係數

附 錄

附錄 5-1

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		第二出料口(g)		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	791.94	456.62	0	100.3	18.05	35.63	25.10	93.21	0
2	789.26	478.25	0	81.38	18.18	30.28	26.23	93.00	0
3	791.77	482.32	0	72.15	13.93	32.19	23.37	94.02	0
4	791.79	488.43	0	60.75	14.62	36.48	25.48	93.59	0
5	791.88	468.29	0	68.14	15.78	37.26	25.76	93.25	0
6	791.99	480.08	0	70.38	17.27	30.38	24.18	93.34	0
7	792.08	469.78	0	79.52	17.29	34.03	23.92	93.40	0
8	791.89	468.80	0	90.13	17.30	34.82	24.93	93.36	0
9	792.04	469.78	0	78.69	16.24	33.25	27.01	93.08	0
10	792.21	472.15	0	88.03	18.01	35.14	26.13	93.10	0
11	789.36	470.90	0	75.63	16.73	36.01	25.38	93.26	0
12	791.86	475.67	0	68.24	16.75	37.08	22.96	93.60	0
13	791.96	485.13	0	80.62	17.45	35.36	25.18	93.38	0
14	792.13	478.24	0	76.73	16.34	38.03	24.47	93.56	0
15	792.11	481.38	0	71.84	16.76	29.46	26.03	93.16	0
平均	791.62	475.05	0.00	77.50	16.71	34.36	25.08	93.35	0.00
標準偏差	0.95	8.12	0.00	9.97	1.21	2.71	1.13	0.26	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 14.23m/s。

2. 脫穀時間 10 秒。

附錄 5-2

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		第二出料口(g)		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	792.01	531.67	0	49.98	7.66	26.38	14.96	96.41	0
2	792.06	531.08	0	45.86	8.71	27.12	17.02	95.91	0
3	791.98	528.19	0	44.67	10.15	25.86	14.23	96.09	0
4	791.83	519.20	0	47.19	9.14	30.01	16.28	95.91	0
5	791.78	532.28	0	47.08	7.92	27.13	15.36	96.30	0
6	792.05	518.42	0	48.34	10.86	26.54	15.46	95.75	0
7	791.96	540.12	0	46.67	9.15	25.69	16.32	96.01	0
8	792.02	536.08	0	49.32	6.97	29.13	17.08	96.23	0
9	792.07	528.19	0	50.02	7.24	27.65	17.09	96.14	0
10	791.71	538.12	0	45.64	8.16	28.76	18.01	95.90	0
11	791.96	536.18	0	45.78	8.92	27.18	14.87	96.24	0
12	792.01	520.46	0	47.29	10.34	26.38	15.38	95.85	0
13	791.88	533.09	0	48.15	7.65	26.75	15.49	96.33	0
14	791.95	526.17	0	46.38	7.12	27.64	16.09	96.28	0
15	792.11	525.26	0	46.14	7.28	28.16	17.01	96.11	0
平均	791.96	529.63	0.00	47.23	8.48	27.36	16.04	96.10	0.00
標準偏差	0.11	6.79	0.00	1.63	1.25	1.23	1.05	0.20	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 14.23m/s。

2. 脫穀時間 15 秒。

附錄 5-3

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		第二出料口(g)		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	791.98	546.59	0	48.48	6.78	18.10	8.92	97.50	0
2	792.01	543.18	0	50.13	5.16	17.21	10.00	97.58	0
3	791.79	539.36	0	46.39	4.98	18.33	7.03	98.05	0
4	791.87	552.07	0	43.69	4.63	16.42	7.98	97.98	0
5	792.06	547.13	0	49.13	6.35	13.12	8.66	97.60	0
6	792.05	544.14	0	47.28	7.01	19.08	8.72	97.49	0
7	792.01	545.18	0	48.56	4.85	16.17	8.37	97.88	0
8	792.06	558.52	0	47.17	5.53	15.48	6.79	98.06	0
9	791.77	538.74	0	48.53	5.49	15.96	7.35	97.92	0
10	791.88	550.27	0	45.17	4.69	16.92	7.49	98.05	0
11	791.85	548.38	0	48.38	4.57	18.01	7.86	98.02	0
12	791.89	547.69	0	46.64	4.59	18.67	7.67	98.04	0
13	791.98	549.31	0	42.96	6.01	15.79	5.92	98.08	0
14	792.12	549.09	0	46.74	7.03	17.56	8.62	97.51	0
15	792.23	550.18	0	50.27	5.38	16.87	9.18	97.70	0
平均	791.97	547.32	0.00	47.30	5.54	16.91	8.04	97.83	0.00
標準偏差	0.13	4.95	0.00	2.14	0.89	1.52	1.04	0.24	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 14.23m/s。

2. 脫穀時間 20 秒。

附錄 5-4

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		第二出料口(g)		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	792.02	546.21	0	60.18	6.02	13.21	6.34	98.04	0
2	792.06	543.82	0	65.09	6.13	13.38	7.03	97.93	0
3	791.71	548.08	0	56.72	5.79	10.09	6.38	98.06	0
4	791.88	550.12	0	60.38	5.63	10.18	6.01	98.16	0
5	791.97	553.03	0	58.29	5.24	10.09	5.98	98.23	0
6	791.86	551.31	0	59.19	7.01	12.17	7.12	97.78	0
7	791.96	548.87	0	58.78	6.24	10.82	5.49	98.14	0
8	792.02	550.18	0	59.38	6.37	11.35	6.24	98.01	0
9	792.11	552.27	0	59.21	5.69	10.27	5.65	98.21	0
10	791.78	554.41	0	56.38	5.65	9.96	5.34	98.26	0
11	791.87	556.07	0	57.86	5.03	13.14	4.85	98.45	0
12	792.08	560.71	0	58.63	5.19	12.38	4.86	98.43	0
13	792.06	558.08	0	59.19	5.63	11.67	6.09	98.17	0
14	792.05	556.37	0	58.39	6.25	11.79	7.01	97.93	0
15	791.84	554.72	0	57.85	6.07	12.56	5.28	98.22	0
平均	791.95	552.28	0.00	59.03	5.86	11.54	5.98	98.13	0.00
標準偏差	0.12	4.59	0.00	2.01	0.52	1.24	0.74	0.18	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 14.23m/s。

2. 脫穀時間 25 秒。

附錄 5-5

樣本	進料重量(g)	第一出料口(g)		第二出料口(g)		排塵口(g)		脫粒率(%)	破損率(%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	791.94	549.83	0	55.58	5.25	9.79	5.54	98.28	0
2	791.88	556.73	0	55.42	3.76	6.35	4.92	98.62	0
3	791.73	566.72	0	50.38	4.38	5.25	3.92	98.68	0
4	791.79	561.89	0	56.07	5.08	8.01	4.35	98.52	0
5	792.21	559.18	0	57.14	4.72	6.72	4.18	98.59	0
6	792	562.03	0	56.18	4.47	6.38	5.20	98.48	0
7	791.83	557.08	0	52.92	3.95	7.14	5.14	98.55	0
8	792.01	558.17	0	55.47	5.23	5.95	3.88	98.55	0
9	792.12	559.38	0	55.19	5.12	6.37	4.25	98.51	0
10	791.79	551.72	0	55.36	5.38	5.89	4.13	98.47	0
11	791.87	563.23	0	56.42	5.08	7.08	5.03	98.41	0
12	792.08	568.34	0	57.01	4.82	8.09	4.92	98.49	0
13	792.01	559.35	0	55.42	4.17	8.12	5.12	98.53	0
14	791.78	559.42	0	55.09	3.98	8.03	4.26	98.69	0
15	791.89	555.38	0	57.01	5.32	7.98	4.92	98.38	0
平均	791.93	559.23	0.00	55.38	4.71	7.14	4.65	98.52	0.00
標準偏差	0.14	4.94	0.00	1.73	0.55	1.19	0.53	0.11	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 14.23m/s。

2. 脫穀時間 30 秒。

附錄 5-6

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		第二出料口(g)		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	792.02	530.17	0	60.20	8.83	30.44	10.85	96.93	0
2	791.79	508.63	0	62.09	8.64	29.68	9.01	97.14	0
3	791.97	521.08	0	57.38	7.32	28.17	9.37	97.32	0
4	792.11	516.37	0	60.13	7.91	30.16	8.46	97.37	0
5	792.21	508.24	0	58.46	7.36	28.41	10.03	97.16	0
6	791.82	523.24	0	56.19	7.08	28.32	8.63	97.48	0
7	791.82	505.37	0	59.28	8.07	29.72	9.47	97.13	0
8	792.12	499.15	0	58.37	9.03	30.28	12.28	96.50	0
9	792.37	501.36	0	62.14	8.46	27.85	11.34	96.79	0
10	792.05	527.04	0	58.26	7.76	30.12	7.86	97.52	0
11	792.11	508.47	0	64.19	8.56	29.37	9.48	97.09	0
12	791.79	506.37	0	59.42	10.80	30.08	12.17	96.29	0
13	791.91	518.36	0	58.72	6.92	31.01	10.08	97.28	0
14	792.12	520.09	0	57.69	7.57	29.08	8.92	97.35	0
15	791.96	514.71	0	60.08	8.49	28.44	10.34	96.97	0
平均	792.01	513.91	0.00	59.91	8.19	29.41	9.89	97.09	0.00
標準偏差	0.17	9.39	0.00	2.99	0.98	0.97	1.32	0.35	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 16.76m/s。

2. 脫穀時間 10 秒。

附錄 5-7

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		(g)第二出料口		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	792.00	541.52	0	48.17	7.01	16.7	7.98	97.59	0
2	791.89	538.17	0	45.08	5.18	14.89	6.01	98.16	0
3	792.02	530.28	0	54.08	7.32	17.09	7.82	97.54	0
4	791.98	547.01	0	50.17	6.66	18.37	4.92	98.15	0
5	791.96	528.79	0	56.42	5.74	17.42	7.13	97.91	0
6	792.01	546.16	0	49.04	6.37	15.86	5.82	98.04	0
7	791.79	548.91	0	56.76	8.13	17.57	8.03	97.47	0
8	791.77	557.38	0	40.96	7.54	16.58	5.77	97.88	0
9	792.07	526.76	0	57.16	6.39	20.12	9.03	97.51	0
10	792.10	540.72	0	59.32	8.07	16.28	7.81	97.49	0
11	792.00	537.72	0	57.03	7.47	17.37	6.83	97.72	0
12	791.78	531.82	0	49.43	5.73	19.11	7.54	97.84	0
13	791.85	539.93	0	50.54	8.02	21.32	8.08	97.44	0
14	792.00	558.54	0	43.65	6.39	18.46	6.72	97.93	0
15	792.10	549.07	0	46.38	7.14	19.31	5.96	97.91	0
平均	791.95	541.52	0.00	50.95	6.88	17.76	7.03	97.77	0.00
標準偏差	0.11	9.76	0.00	5.62	0.91	1.70	1.14	0.25	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 16.76m/s。

2. 脫穀時間 15 秒。

附錄 5-8

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		第二出料口(g)		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	791.89	557.70	0	45.84	6.72	14.30	5.48	98.06	0
2	792.07	538.27	0	50.17	6.32	15.31	5.32	98.11	0
3	791.72	553.82	0	38.46	8.01	12.76	4.98	97.90	0
4	791.86	559.12	0	42.57	5.32	15.46	4.67	98.41	0
5	791.9	556.09	0	47.34	5.47	13.67	5.72	98.22	0
6	791.89	563.12	0	35.19	5.62	14.36	5.82	98.17	0
7	791.93	558.09	0	48.13	6.13	14.85	4.12	98.38	0
8	792.02	560.43	0	40.08	5.59	12.94	6.07	98.13	0
9	791.86	557.54	0	43.52	6.62	15.27	5.37	98.09	0
10	791.76	555.76	0	44.91	6.57	12.86	5.42	98.08	0
11	791.96	561.39	0	39.01	5.84	13.97	5.56	98.18	0
12	791.78	570.52	0	40.12	8.02	14.74	6.13	97.79	0
13	792.2	562.31	0	40.62	6.49	14.29	4.92	98.18	0
14	792.06	564.62	0	38.12	6.51	16.01	5.74	98.06	0
15	791.91	562.72	0	39.54	7.01	13.73	5.72	97.98	0
平均	791.92	558.77	0.00	42.24	6.42	14.30	5.40	98.12	0.00
標準偏差	0.13	7.04	0.00	4.28	0.82	0.99	0.54	0.16	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 16.76m/s。

2. 脫穀時間 20 秒。

附錄 5-9

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		(g)第二出料口		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	791.78	568.69	0	43.47	6.50	9.92	5.02	98.18	0
2	791.91	550.72	0	48.12	5.01	10.12	5.18	98.35	0
3	791.86	570.42	0	40.63	6.35	11.09	4.75	98.25	0
4	792.00	574.12	0	40.08	5.42	8.18	5.12	98.33	0
5	791.89	570.35	0	41.49	5.19	10.62	4.34	98.49	0
6	791.97	565.12	0	45.12	6.72	9.28	4.12	98.28	0
7	791.73	560.34	0	42.82	7.13	9.34	4.82	98.09	0
8	791.99	564.81	0	41.61	5.45	8.64	3.98	98.49	0
9	792.05	580.16	0	36.15	5.69	8.75	5.18	98.29	0
10	791.88	566.37	0	43.74	6.42	9.42	5.09	98.18	0
11	791.89	571.45	0	40.37	6.19	8.85	5.19	98.20	0
12	791.92	578.31	0	35.92	6.74	10.63	3.84	98.34	0
13	791.83	567.20	0	37.61	5.08	12.30	4.32	98.50	0
14	791.74	563.82	0	39.74	7.03	14.12	4.08	98.23	0
15	791.9	570.46	0	43.17	6.50	9.83	4.62	98.25	0
平均	791.89	568.16	0.00	41.34	6.09	10.07	4.64	98.30	0.00
標準偏差	0.09	7.16	0.00	3.30	0.72	1.55	0.49	0.12	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 16.76m/s。

2. 脫穀時間 25 秒。

附錄 5-10

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		第二出料口(g)		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	792.20	578.90	0	41.72	5.17	7.33	4.71	98.45	0
2	791.78	581.21	0	38.13	6.03	7.24	4.58	98.33	0
3	791.89	577.23	0	39.62	4.49	5.98	3.92	98.67	0
4	792.08	568.92	0	36.96	5.62	8.01	5.03	98.29	0
5	792.02	565.49	0	42.31	5.06	6.13	4.81	98.42	0
6	791.95	559.92	0	40.15	4.92	6.38	3.54	98.62	0
7	791.96	571.21	0	41.23	5.09	7.13	5.10	98.38	0
8	791.71	576.87	0	42.08	4.93	7.54	3.68	98.64	0
9	792.02	574.09	0	38.27	4.71	6.84	3.50	98.69	0
10	792.26	580.41	0	39.17	5.06	7.08	2.78	98.76	0
11	792.02	561.82	0	38.05	5.21	5.78	4.12	98.48	0
12	792.11	580.51	0	40.03	4.82	8.11	3.61	98.68	0
13	791.79	579.85	0	40.15	4.86	7.14	4.05	98.60	0
14	792.07	564.58	0	39.42	6.08	7.21	3.94	98.39	0
15	791.95	587.34	0	38.96	5.21	7.98	5.12	98.40	0
平均	791.99	573.89	0.00	39.75	5.15	7.06	4.17	98.52	0.00
標準偏差	0.15	8.16	0.00	1.58	0.45	0.73	0.70	0.15	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 16.76m/s。

2. 脫穀時間 30 秒。

附錄 5-11

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		第二出料口(g)		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	792.00	524.13	0	58.59	6.60	17.10	8.39	97.56	0
2	791.98	536.10	0	61.12	7.21	16.13	10.00	97.27	0
3	792.21	540.21	0	56.82	6.92	18.01	8.92	97.49	0
4	791.79	551.07	0	50.53	7.54	16.96	7.92	97.56	0
5	792.11	529.87	0	62.18	8.02	15.86	8.27	97.39	0
6	791.93	531.59	0	60.27	7.18	16.73	9.01	97.41	0
7	792.02	538.41	0	59.19	6.82	15.94	8.37	97.58	0
8	791.72	526.53	0	60.52	7.82	17.03	8.50	97.37	0
9	792.31	530.10	0	47.92	6.95	18.09	7.65	97.61	0
10	791.89	550.08	0	49.87	7.36	16.62	7.24	97.69	0
11	792.21	539.98	0	53.32	8.09	15.96	8.17	97.40	0
12	791.78	529.87	0	57.31	8.03	16.07	7.19	97.54	0
13	791.97	529.53	0	56.84	7.08	17.21	10.20	97.21	0
14	792.22	532.51	0	58.23	8.02	18.05	7.56	97.50	0
15	791.88	532.08	0	59.41	7.07	16.92	7.72	97.63	0
平均	792.00	534.80	0.00	56.81	7.38	16.85	8.34	97.48	0.00
標準偏差	0.18	7.90	0.00	4.39	0.50	0.77	0.90	0.14	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 17.45m/s。

2. 脫穀時間 10 秒。

附錄 5-12

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		第二出料口(g)		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	791.82	558.18	0	47.58	5.18	13.53	5.62	98.29	0
2	792.22	551.29	0	48.32	6.21	10.92	7.12	97.86	0
3	792.06	562.30	0	47.13	6.42	8.86	6.68	97.93	0
4	791.96	561.18	0	47.28	7.08	12.03	6.63	97.84	0
5	791.98	558.31	0	50.07	5.31	10.27	5.24	98.32	0
6	791.79	558.09	0	46.46	7.02	12.03	5.62	97.99	0
7	791.8	556.14	0	48.23	5.49	13.02	6.27	98.13	0
8	792.06	554.27	0	47.89	6.09	12.08	7.02	97.91	0
9	792.11	551.08	0	48.37	5.82	12.17	6.72	97.99	0
10	791.89	560.12	0	47.62	5.37	14.11	5.92	98.22	0
11	791.85	542.09	0	57.28	7.18	11.24	6.02	97.88	0
12	792.2	539.27	0	50.09	6.15	14.01	6.69	97.92	0
13	791.98	555.43	0	46.82	6.62	12.56	5.76	98.03	0
14	792.04	550.82	0	49.18	5.80	11.76	5.83	98.13	0
15	792.12	548.63	0	46.72	6.34	12.68	6.72	97.90	0
平均	791.99	553.81	0.00	48.60	6.14	12.08	6.26	98.02	0.00
標準偏差	0.14	6.71	0.00	2.65	0.65	1.39	0.58	0.16	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 17.45m/s。

2. 脫穀時間 15 秒。

附錄 5-13

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		第二出料口(g)		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	791.97	568.39	0	33.17	5.12	8.80	5.01	98.37	0
2	792.00	583.20	0	33.08	6.30	8.13	5.42	98.16	0
3	791.89	576.42	0	32.72	5.08	6.54	4.98	98.39	0
4	791.79	569.03	0	33.16	5.92	7.42	6.01	98.08	0
5	791.84	568.37	0	38.12	4.98	8.63	4.62	98.46	0
6	792.11	588.04	0	31.08	5.31	8.26	5.49	98.31	0
7	792.07	575.31	0	40.25	5.82	7.28	5.53	98.21	0
8	791.96	561.82	0	34.02	4.63	7.16	6.61	98.17	0
9	792.00	565.89	0	34.18	6.72	8.02	4.86	98.13	0
10	791.86	572.14	0	30.24	6.45	7.39	6.24	97.96	0
11	791.88	568.32	0	30.82	5.82	8.82	3.92	98.42	0
12	791.96	568.76	0	35.03	5.16	9.12	4.89	98.39	0
13	791.89	563.46	0	37.01	6.14	9.30	5.16	98.18	0
14	791.87	569.14	0	30.42	5.42	8.03	5.18	98.29	0
15	792.05	572.13	0	30.28	4.98	7.64	6.03	98.23	0
平均	791.94	571.36	0.00	33.57	5.59	8.04	5.33	98.25	0.00
標準偏差	0.09	7.01	0.00	3.01	0.63	0.80	0.69	0.14	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 17.45m/s。

2. 脫穀時間 20 秒。

附錄 5-14

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		(g)第二出料口		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	792.08	579.13	0	30.08	5.00	8.79	4.32	98.51	0
2	791.95	580.23	0	29.13	4.38	7.79	4.52	98.58	0
3	791.89	581.91	0	30.13	5.12	7.62	4.18	98.52	0
4	791.78	590.13	0	28.42	4.82	7.19	3.98	98.61	0
5	791.85	588.71	0	27.49	4.62	8.36	3.86	98.66	0
6	792.04	586.03	0	30.13	4.08	7.35	3.72	98.76	0
7	792.24	591.37	0	28.72	4.76	7.16	4.09	98.61	0
8	792.16	591.08	0	27.82	4.12	7.08	3.48	98.80	0
9	791.79	578.67	0	29.62	4.57	7.37	4.62	98.53	0
10	791.82	580.72	0	28.42	5.15	6.96	5.01	98.38	0
11	791.99	588.36	0	29.34	4.43	7.68	4.18	98.64	0
12	791.77	579.43	0	28.28	4.67	6.99	4.10	98.59	0
13	792.21	592.17	0	28.56	4.21	7.54	4.12	98.69	0
14	792.18	590.08	0	29.34	4.08	7.94	4.32	98.68	0
15	791.97	583.15	0	31.01	4.98	7.48	4.69	98.47	0
平均	791.98	585.41	0.00	29.10	4.60	7.55	4.21	98.60	0.00
標準偏差	0.16	5.10	0.00	0.98	0.37	0.51	0.39	0.11	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 17.45m/s。

2. 脫穀時間 25 秒。

附錄 5-15

樣本	進料重量(g)	第一出料口(g)		第二出料口(g)		排塵口 9g)		脫粒率(%)	破損率(%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	791.78	588.35	0	29.87	4.01	7.24	4.02	98.73	0
2	791.91	580.13	0	27.62	3.82	6.14	3.98	98.75	0
3	791.89	583.87	0	26.92	3.74	8.02	2.62	98.98	0
4	792.05	594.51	0	27.38	3.42	7.35	4.12	98.82	0
5	792.00	578.61	0	27.41	5.12	8.01	3.06	98.69	0
6	791.88	597.62	0	25.46	4.18	9.02	3.17	98.85	0
7	792.21	579.88	0	22.98	3.56	6.82	3.62	98.84	0
8	791.74	590.21	0	21.82	3.17	6.34	4.45	98.78	0
9	792.06	588.33	0	28.14	3.19	5.87	4.09	98.84	0
10	792.01	600.01	0	28.27	4.28	7.27	2.96	98.87	0
11	791.96	597.32	0	23.62	5.01	7.12	3.18	98.71	0
12	791.89	600.01	0	26.18	3.78	6.83	3.56	98.85	0
13	791.98	579.95	0	26.94	3.92	6.72	4.08	98.71	0
14	792.06	601.02	0	23.15	4.28	6.38	3.39	98.80	0
15	792.04	590.23	0	28.16	4.56	8.10	3.48	98.73	0
平均	791.96	590.00	0.00	26.26	4.00	7.15	3.59	98.80	0.00
標準偏差	0.12	8.14	0.00	2.35	0.59	0.86	0.53	0.08	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 17.45m/s。

2. 脫穀時間 30 秒。

附錄 5-16

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		第二出料口(g)		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	791.95	528.12	0	57.32	7.28	37.15	7.61	97.66	0
2	791.78	528.88	0	50.92	6.01	35.43	7.01	97.93	0
3	791.94	539.21	0	53.48	7.74	30.18	8.03	97.53	0
4	791.93	530.71	0	58.01	5.13	36.12	6.21	98.22	0
5	791.97	525.26	0	57.23	5.95	37.01	7.82	97.83	0
6	792.02	516.17	0	56.48	7.03	34.47	6.32	97.85	0
7	791.84	518.95	0	60.52	4.98	31.37	6.18	98.21	0
8	791.79	525.38	0	51.86	6.54	30.49	5.92	97.99	0
9	792.1	532.08	0	49.86	7.08	36.51	7.09	97.76	0
10	791.91	524.03	0	54.03	6.03	29.84	7.32	97.85	0
11	791.88	517.27	0	52.12	5.09	34.57	6.82	98.07	0
12	791.95	536.89	0	48.32	8.10	36.58	6.38	97.72	0
13	791.87	533.18	0	50.74	5.36	30.67	7.03	98.02	0
14	791.78	534.98	0	46.82	6.31	29.89	6.52	97.95	0
15	791.8	530.51	0	49.54	5.82	30.09	5.89	98.12	0
平均	791.90	528.11	0.00	53.15	6.30	33.36	6.81	97.91	0.00
標準偏差	0.09	6.96	0.00	4.01	0.98	3.01	0.68	0.20	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 18.90m/s。

2. 脫穀時間 10 秒。

附錄 5-17

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		第二出料口(g)		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	792.11	551.14	0	49.26	6.91	20.12	8.01	97.65	0
2	791.72	538.27	0	50.13	5.82	28.46	7.13	97.94	0
3	791.75	530.58	0	46.27	6.19	25.18	7.05	97.85	0
4	791.87	546.17	0	50.34	5.48	30.01	5.41	98.29	0
5	792.02	550.32	0	49.32	7.01	28.27	5.82	98.00	0
6	791.84	557.18	0	48.81	4.87	21.86	4.96	98.46	0
7	791.80	529.68	0	54.13	5.03	33.08	6.82	98.12	0
8	792.22	538.56	0	50.03	5.32	21.65	6.17	98.15	0
9	791.72	551.43	0	45.89	5.91	22.57	5.24	98.23	0
10	791.88	554.08	0	48.24	6.23	26.34	4.78	98.28	0
11	791.83	537.56	0	50.91	4.75	29.15	5.76	98.33	0
12	791.95	550.67	0	49.82	5.48	24.92	5.65	98.25	0
13	791.89	543.37	0	52.01	6.18	21.76	6.38	98.01	0
14	792.01	529.92	0	50.67	5.46	25.43	6.14	98.12	0
15	791.96	542.82	0	48.03	5.09	23.01	5.87	98.25	0
平均	791.90	543.45	0.00	49.59	5.72	25.45	6.08	98.13	0.00
標準偏差	0.14	9.08	0.00	2.07	0.69	3.73	0.88	0.21	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 18.90m/s。

2. 脫穀時間 15 秒。

附錄 5-18

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		第二出料口(g)		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	792.21	564.89	0	45.75	6.12	16.90	6.13	98.09	0
2	792.01	558.17	0	45.32	5.78	18.92	5.35	98.24	0
3	791.71	563.05	0	48.13	5.42	19.32	4.98	98.38	0
4	791.98	561.82	0	43.52	5.09	17.82	6.01	98.25	0
5	791.87	563.17	0	46.18	4.81	20.65	4.12	98.60	0
6	791.91	559.62	0	45.26	5.93	18.73	5.56	98.19	0
7	791.89	553.18	0	45.39	7.03	16.72	6.32	97.88	0
8	791.81	549.85	0	47.03	5.84	19.41	4.87	98.29	0
9	791.79	549.82	0	45.19	5.71	20.01	5.14	98.27	0
10	792.06	552.57	0	46.32	5.02	25.10	3.86	98.60	0
11	791.93	561.08	0	45.86	5.67	15.18	4.85	98.34	0
12	791.87	570.15	0	43.85	7.32	16.92	5.42	98.02	0
13	791.89	560.03	0	45.92	6.28	14.72	4.79	98.25	0
14	792.01	555.72	0	47.39	4.01	12.83	4.92	98.57	0
15	791.85	548.83	0	42.98	5.10	18.72	5.86	98.24	0
平均	791.92	558.13	0.00	45.61	5.68	18.13	5.21	98.28	0.00
標準偏差	0.12	6.29	0.00	1.40	0.84	2.88	0.70	0.20	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 18.90m/s。

2. 脫穀時間 20 秒。

附錄 5-19

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		第二出料口(g)		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	791.88	555.42	0	43.38	6.35	11.21	4.50	98.25	0
2	791.78	569.87	0	42.03	6.08	13.10	3.32	98.52	0
3	791.73	570.43	0	39.72	4.12	12.21	5.18	98.53	0
4	791.81	561.18	0	39.46	5.82	9.85	4.62	98.32	0
5	792.02	575.80	0	44.56	7.01	8.58	4.08	98.27	0
6	791.96	558.49	0	42.19	4.92	14.09	5.27	98.37	0
7	791.91	559.95	0	38.39	4.38	8.03	3.92	98.65	0
8	791.86	579.12	0	38.92	6.38	9.82	4.92	98.23	0
9	791.73	580.35	0	40.27	7.03	6.93	4.37	98.22	0
10	791.88	582.42	0	38.53	5.03	10.53	6.01	98.28	0
11	792.00	573.43	0	35.42	6.04	13.52	3.83	98.44	0
12	791.87	578.21	0	41.09	6.09	13.68	3.92	98.44	0
13	791.99	567.86	0	40.05	5.82	12.09	4.58	98.35	0
14	791.89	572.32	0	32.87	4.96	11.29	4.83	98.44	0
15	792.12	586.82	0	30.28	5.69	10.93	4.12	98.46	0
平均	791.90	571.44	0.00	39.14	5.71	11.06	4.50	98.38	0.00
標準偏差	0.11	9.42	0.00	3.82	0.87	2.14	0.68	0.13	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 18.90m/s。

2. 脫穀時間 25 秒。

附錄 5-20

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		第二出料口(g)		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	791.91	569.91	0	38.95	5.32	9.77	3.12	98.65	0
2	792.13	572.52	0	39.86	4.73	6.45	5.10	98.44	0
3	791.91	572.92	0	35.42	6.01	7.98	4.01	98.40	0
4	791.79	583.14	0	33.89	5.18	6.16	3.08	98.69	0
5	791.76	569.30	0	42.52	6.62	6.28	5.23	98.12	0
6	792.02	587.88	0	36.98	3.82	7.51	3.19	98.90	0
7	791.96	588.42	0	30.08	6.01	7.73	3.62	98.49	0
8	791.92	586.63	0	33.18	5.03	8.15	4.51	98.50	0
9	791.84	591.45	0	31.80	5.72	7.45	3.42	98.57	0
10	791.78	586.53	0	35.23	4.86	6.32	4.12	98.59	0
11	791.97	587.60	0	32.75	6.04	5.95	2.85	98.60	0
12	792.13	577.88	0	33.68	3.84	5.32	2.95	98.91	0
13	791.98	590.21	0	30.82	5.03	6.05	3.85	98.60	0
14	791.92	579.86	0	32.68	4.92	7.56	4.02	98.58	0
15	791.85	571.51	0	29.98	4.85	10.30	3.86	98.60	0
平均	791.92	582.05	0.00	34.85	5.01	7.26	3.44	98.58	0.00
標準偏差	0.11	7.83	0.00	4.58	0.75	1.41	0.63	0.18	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 18.90m/s。

2. 脫穀時間 30 秒。

附錄 5-21

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		第二出料口(g)		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	791.94	612.10	0	20.34	2.50	3.65	1.04	99.45	0
2	792.22	609.24	0	21.54	2.08	5.06	1.29	99.47	0
3	791.87	598.86	0	19.85	3.14	8.05	2.01	99.19	0
4	791.91	604.82	0	19.95	2.09	3.74	1.09	99.50	0
5	792.08	599.65	0	25.01	2.14	6.13	1.92	99.36	0
6	791.94	598.41	0	26.40	2.19	5.17	1.04	99.49	0
7	791.79	600.89	0	21.08	3.05	5.31	1.02	99.36	0
8	791.8	589.65	0	26.40	2.08	4.16	1.08	99.49	0
9	791.97	589.68	0	27.08	1.89	4.29	2.03	99.37	0
10	792.18	594.64	0	23.54	3.18	5.01	1.52	99.25	0
11	792.08	598.57	0	20.63	3.28	3.68	1.63	99.22	0
12	792.13	605.10	0	26.51	4.01	3.75	0.98	99.22	0
13	792.02	596.84	0	27.01	3.75	3.03	0.86	99.27	0
14	791.79	605.89	0	23.58	3.52	3.27	1.42	99.23	0
15	792.02	588.96	0	24.09	4.06	4.08	1.09	99.17	0
平均	791.98	599.55	0.00	23.53	2.86	4.56	1.33	99.34	0.00
標準偏差	0.14	7.04	0.00	2.77	0.77	1.29	0.40	0.12	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 17.45m/s。

2. 脫穀時間 10+10 秒(重覆)。

附錄 5-22

樣 本	進料重 量(g)	第一出料口(g)		第二出料口(g)		排塵口(g)		脫粒率 (%)	破損率 (%)
		精粒	未脫粒	精粒	未脫粒	精粒	未脫粒		
1	1091.98	647.73	0	136.33	19.74	28.36	15.94	95.79	0
2	1091.86	654.26	0	138.29	20.12	29.16	17.32	95.64	0
3	1091.45	659.13	0	138.04	20.37	28.32	17.03	95.67	0
4	1091.61	643.92	0	135.63	19.42	28.41	16.18	95.78	0
5	1091.68	660.03	0	140.01	18.94	27.86	15.82	95.97	0
6	1091.72	657.42	0	139.17	18.04	30.08	18.09	95.81	0
7	1091.83	649.38	0	136.72	19.56	29.05	17.23	95.68	0
8	1091.93	648.54	0	137.42	20.08	28.72	16.82	95.67	0
9	1091.65	651.2	0	137.57	18.12	28.83	16.92	95.89	0
10	1091.73	648.37	0	138.38	18.17	29.14	18.12	95.74	0
11	1091.82	649.42	0	139.03	19.19	29.04	17.23	95.73	0
12	1091.78	661.13	0	135.87	19.63	27.67	17.15	95.73	0
13	1091.67	648.29	0	136.75	17.87	28.62	16.86	95.91	0
14	1091.72	648.39	0	139.08	18.62	26.99	17.37	95.77	0
15	1091.69	653.47	0	138.12	19.46	27.89	16.54	95.79	0
平均	1091.74	652.05	0.00	137.76	19.16	28.54	16.97	95.77	0.00
標準偏差	0.09	4.29	0.00	2.38	0.63	0.80	0.69	0.14	0.00

註：1. 脫穀筒切線速度 17.45m/s。

2. 脫穀時間 20 秒。

3. 小米未乾燥脫粒。